نشریه علمی - پژوهشی
بوم شناسی کشاورزی

Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

جلد ۷ شماره ۲
تابستان ۱۳۹٤

Vol. 7 No. 2
Summer 2015

شاپا: ۲۰۰۸-۷۷۱۳

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

تأثیر باکتری‌های ریزوبیوم بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور ۱٤۷
سمیه همایون، امیر لکزیان، غلامحسین حق‌نیا و رضا خراسانی

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker) ۱٥٦
سید محمد سیدی، پرویز رضوانی مقدم، روشنک شهریاری و مسعود آزاد

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) ۱٦۸
علیرضا کوچکی، عقیل روحی و فرانک نوربخش

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد ۱۷۹
عفت غلامی شرفخانه، محسن جهان، محمد بنایان اول، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان ۱۹۰
کوروش مجد سلیمی، ابراهیم امیری و شهرزاد شایگان

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود) ۲۰۲
حنانه آقاصفری و محمد قربانی

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) ۲۱٥
احمد غلامی، ایمان اکبری و حمید عباس دخت

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه) ۲۲٥
مهدیه رشید سرخ‌آبادی، علی شهیدی و عباس خاشعی

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.) ۲۳۷
رقیه محمدپور وشوایی، محمد گلوی، محمود رمرودی و براتعلی فاخری

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) ۲٥٤
مجبوبه سردار، محمدعلی بهدانی، سید وحید اسلامی و سهراب محمودی

چکیده‌های مبسوط ۲٦۷-۲۸٤

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی جلد ۷ شماره ۲ تابستان ۱۳۹۴

Agroecology Vol. 7 No. 2 Summer 2015

Contents

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils 147
S. Homayoun, A. Lakzian, G.H. Haghnia and R. Khorassani

Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) 156
S.M. Seyyedi, P. Rezvani Moghaddadm, R. Shahriari and M. Azad

The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.) 168
A. Koocheki, A. Ruhi and F. Nurbakhsh

The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions 179
E. Gholami Sharafkhane, M. Jahan, M. Banayan Avval, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam

Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province 190
K. Majd Salimi, E. Amiri and S. Shaigan

Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf- Rood basin in Mashhad) 202
H. Aghasafari and M. Ghorbani

Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) 215
A. Gholami, I. Akbari and H. Abbasdokht

Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city) 225
M. Rashid Sorkh Abadi, A. Shahidi and A. Khashei Siuki

Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) 237
R. Mohammadpour Vashvaei, M. Galavi, M. Ramroudi and B.A. Fakheri

Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.) 254
M. Sardar, M.A. Behdani, S.V. Eslami and S. Mahmoodi

Extended abstracts 267-284

نشریه بوم شناسی کشاورزی
دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۷ شماره ۲ تابستان ۱۳۹٤

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
سردبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیات تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)
دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر سرور خرم دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر پرویز رضوانی‌مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمد گلوی، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
دکتر مهدی نصیری‌محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: ۳۵ نسخه
قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵
تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ **نمابر:** ۳۸۷۸۷۴۳۰-۰۵۱
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.
http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

تأثیر باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور ۱۴۷

سمیه همایون، امیر لکزیان، غلامحسین حق‌نیا و رضا خراسانی

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker) ۱۵۶

سید محمد سیدی، پرویز رضوانی مقدم، روشنک شهریاری و مسعود آزاد

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) ۱۶۸

علیرضا کوچکی، عقیل روحی و فرانک نوربخش

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد ۱۷۹

عفت غلامی شرفخانه، محسن جهان، محمد بنایان اول، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان ۱۹۰

کوروش مجد سلیمی، ابراهیم امیری و شهرزاد شایگان

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود) ۲۰۲

حنانه آقاصفری و محمد قربانی

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) ۲۱۵

احمد غلامی، ایمان اکبری و حمید عباس دخت

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه) ۲۲۵

مهدیه رشید سرخ‌آبادی، علی شهیدی و عباس خاشعی

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.) ۲۳۷

رقیه محمدپور وشوایی، محمد گلوی، محمود رمرودی و براتعلی فاخری

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) ۲۵۴

محبوبه سردار، محمدعلی بهدانی، سید وحید اسلامی و سهراب محمودی

چکیده‌های مبسوط ۲۶۷-۲۸۴

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

It is very appropriate that a new Journal of Agroecology has appeared in a part of the world that history tells us is where some of the earliest organized crop farmers and animal managers in the world first began their work. The traditional farmers of the Persian region are famous for their ability to design and manage sustainable agroecosystems, making them some of the first agroecologists. Their extensive knowledge about water conservation, dryland farming, irrigation, crop and animal domestication, to name a just few of their abilities, have long served as models of wise natural resource management under limiting environmental conditions.

Traditional agroecosystems have developed in the region that are complex systems of interrelated activities focused on the work of each household unit, and their relationships with local communities. Crop farming, animal husbandry, and local handicrafts all combine to provide year-round participation of the entire family. A large variety of animal and plant products, available throughout the year, provide food security that withstands major environmental limitation (especially from drought) and socio-economic uncertainty (especially from market fluctuations). But perhaps most importantly, many farmers of the region live and work within the limitations of the ecological backdrop within which they are located, using local resources and inputs. The ecological and social sustainability of agriculture in such systems is strongly interdependent.

But modern agriculture in the region, as in most parts of the world today, is rapidly displacing this local, traditional knowledge. New sources of energy and technology, most often dependent on non-renewable and costly external inputs, have helped raise yields dramatically. A strong focus has been placed on production for distribution to distant markets that are not in touch with the local understanding of the limits to agroecosystem design and management.

Over the past few decades, the long-term costs and liabilities of the introduction of these modern farming techniques have been documented. Soil and water degradation, loss of agricultural biodiversity, contamination of air and water by pesticides and fertilizers, and increased pest and disease resistance to agrichemicals, are just a few of the environmental problems faced by agriculture today. And the loss of productive agricultural land to urban and industrial development, the displacement of farmers from the land to the cities, and the frequent hunger and poverty in rural regions have become all too common problems on the social side of agriculture.

This journal offers a forum for the re-building of a sustainable agriculture for the region. Using the ecological concepts and principles, local agroecologists can provided a firm foundation for designing and managing the sustainable agriculture of the future. On the one hand, agroecological studies of traditional agriculture can point out the strengths and values of local knowledge. On the other hand, an agroecological analysis of modern agriculture can point out both the strengths as well as the weaknesses of new technologies. A combination of local knowledge and new understanding, all tested by an analysis of sustainability, can once again provide the natural resource conserving, economically sound, and socially equitable agriculture needed for the future.

I congratulate Dr. Alireza Koocheki and Dr. Reza Ghorbani of the Faculty of Agriculture at Ferdowsi University in Mashhad, Iran, for this big step forward for agroecology and sustainable food systems. They are both pioneers in this field and a valuable example for students and farmers of the region.

Steve Gliessman
Ruth and Alfred Heller Professor of Agroecology
University of California, Santa Cruz
March 2010

سخن سردبیر

در حال حاضر بوم‌نظام‌های تولید غذا در جهان با اتکاء به دستاوردهای حاصل از تکنولوژی‌های جدید، توانسته است از دیدگاه کمی غذای مورد نیاز جمعیت کره زمین را تولید نماید، ولی از نظر کیفی هنوز بیش از یک میلیارد و دویست میلیون نفر در گرسنگی یا سوء تغذیه بسر می‌برند و این در حالی‌ست که بوم‌نظام‌های فعلی تولید غذا با مشکلات بسیاری از جمله فرسایش خاک، بحران آب، تخریب زمین‌های حاصلخیز، مقاومت علف‌های هرز و آفات به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، طغیان آفات و بیماری‌های ناشی از تدوام بوم‌نظام‌های تک کشتی، اثرات منفی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدلیل استفاده از تکنولوژی‌های مدرن وابسته به سوخت‌های فسیلی در تولید غذا با چالش‌های فراوانی روبرو است. بدون تردید ادامه چنین روندی پایدار نیست و در نتیجه تولید مواد غذایی به شکل فعلی آن نمی‌تواند ادامه داشته باشد.

به همین دلیل امروزه دیدگاه‌های جهانی نسبت به تولید غذا و فعالیت‌های کشاورزی به سرعت در حال تغییر است. موضوع تولیدات کشاورزی و غذا از نوع صرفاً فنی به موضوعی کاملاً پیچیده از ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سیاسی تبدیل شده است. علاوه بر آن، عقیده بر این است خدمات یک بوم‌نظام تنها آن چیزی نیست که بطور مستقیم تولید می‌کند، بلکه خدمات مجازی یا پنهان آن می‌تواند ارزشی به مراتب فراتر از تولید مستقیم آن داشته باشد. به همین دلیل اصطلاحاً کشاورزی را نیز باید از ابعاد چند کارکردی نگریست و در قالب محیط زیست آن را مدیریت کرد و منابع زیست محیطی آن را افزایش داد. برای رسیدن به این هدف به نظر می‌رسد طراحی مجددی را برای بوم‌نظام‌های کشاورزی ضروری باشد.

بوم‌شناسی کشاورزی علمی جامع و همه‌جانبه نگر بوده و کلیه جنبه‌های فرآیند تولید غذا از زنجیره تولید تا مصرف را مورد نظر دارد. بدون تردیده بهره‌گیری از مبانی بوم‌شناختی در تولید مواد غذایی نه تنها شناخت بیشتری را می‌طلبد، بلکه فرآیندی درازمدت و با ثبات بوده و برای ارزیابی آن باید مقیاس زمانی طولانی‌تری را مدنظر قرار داد. طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی بر چنین مبانی، مراحل مختلفی از جمله مرحله بالابردن کارآیی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

نشریه بوم شناسی کشاورزی هنوز در ابتدای راه موفقیت قرار دارد. هدف دست اندرکاران نشریه در سال جاری و سال‌های آینده بهبود کمی و کیفی مقالات منتشر شده و اقدام در جهت نمایه نمودن نشریه در فهرست مجلات ISI می‌باشد، لذا راهنمای نگارش مقالات مطابق با استانداردهای اعلام شده آن مؤسسه باشد.

بدیهی است که ادامه و پیشرفت کمی و کیفی یک مجله به ارتباط علمی با تمامی همکاران گرامی دانشگاهی، پژوهشگران محترم مراکز پژوهشی، دانشجویان عزیز و سایر علاقمندان علم بوم‌شناسی کشاورزی و استفاده از رهنمودها و تجارب ارزشمند آنها بستگی دارد. لذا از کلیه عزیزان دعوت می‌شود تا با ارسال نتایج ارزشمند تحقیقاتی خود و کمک در داوری مقالات ما را جهت پُر بارتر کردن مطالب مجله، یاری دهند. از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد با ارسال انتقادات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در جهت ارتقای هر چه بیشتر کیفیت نشریه بهره‌مند فرمایند.

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

گرچه دستاوردهای کشاورزی صنعتی در تولید مواد غذایی غیرقابل انکار است، ولی پیامدهای منفی ناشی از آن نیز از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل‌توجه است. فرسایش خاک و منابع ژنتیکی، آلودگی منابع آب و خاک، آلودگی مواد غذایی به بقایای مواد شیمیایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین، تنها بخشی از مشکلات ناشی از فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی توسط انسان است. بهمین دلیل، امروزه در جستجو برای نوعی کشاورزی جایگزین، به کاربرد مبانی بوم‌شناسی در عملیات کشاورزی توجه خاصی معطوف شده است. چنین رهیافتی جز با نگرشی نظام‌مند به کشاورزی و در چارچوب آنچه که به‌اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین‌ترتیب طراحی بوم‌نظام‌هایی با اتکاء به اصول بوم‌شناختی را ضروری می‌سازد. آنچه در کشاورزی بوم‌سازگار مطرح است نگاهی جامع به مجموعه‌ای از کارکردها است که هدف از آن تنها کسب محصول صرفاً اقتصادی نیست و عملکرد مفهومی فراتر از مفهوم رایج آن، به‌عنوان تنها بخشی از کارکرد یک بوم‌نظام کشاورزی، را در بر می‌گیرد. در همین چارچوب در بوم‌نظام‌های کشاورزی در حقیقت کسب عملکرد بیشینه هدف نیست, بلکه عملکردی پایدار و چندمنظوره مورد نظر است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی قابل حصول و قابل توجیه باشد.

گرچه چنین نگرشی از سابقه بسیار طولانی در تمدن تولید مواد غذایی ایران برخوردار است ولی در قالب نوین آن در کشور ما کمتر از دو دهه است که مطرح شده است. خوشبختانه هم‌اکنون زیرساخت‌های ضروری برای تحکیم بخشیدن به چنین نگرشی کاملاً فراهم است و در دانشکده‌های کشاورزی کشور نه‌تنها دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا در رشته کشاورزی بوم‌سازگار دایر شده است، بلکه حجم قابل ملاحظه‌ای از مقالات علمی که در حال حاضر در نشریات رایج علمی- پژوهشی کشاورزی منتشر می‌شود، بر همین مبنا است. به‌همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله ای «بوم شناسی» است، لذا اطلاعات علمی مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی که بر این مبنا استوار باشد متناسب با این مجله می‌باشد.

با توجه به سابقه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در رابطه با کشاورزی بوم‌سازگار، این مجله توسط این گروه و سالانه در چهار شماره در زمینه‌های زیر منتشر خواهد شد:

- فعالیت‌های پژوهشی کشاورزی با اتکاء به حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست و افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی
- مدیریت زراعی در رابطه با کاربرد نهاده‌های بیولوژیک
- عملیات خاک ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حد اقل اتکا به نهاده های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمّی در عوامل تولید و مدل‌سازی رشد و نمو گیاهی
- روش‌های پایش عملکرد و مطالعات ارزیابی خلاء عملکرد
- کاربرد اصول فیزیولوژی در شناخت روابط اکولوژیک و افزایش کارآیی تولیدات زراعی
- ارزیابی چرخه‌های حیات در تولیدات زراعی
- پهنه‌بندی‌های اقلیمی و ناحیه‌بندی اگرواکولوژیکی
- استفاده از بقایای محصولات زراعی در تهیه سوخت‌های زیستی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین در اکوسیستم‌های کشاورزی
- کاربرد کودهای بیولوژیکی، استفاده از میکوریزا و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
- کاربرد کمپوست و فرآورده‌های مشابه
- اصلاح خاک از طریق فرآیندهای بیولوژیکی
- مدیریت اکولوژیک آفات، بیماری‌ها و علفهای هرز با استفاده از روابط بیولوژیکی و عملیات تلفیقی
- عملیات ترسیب کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای
- استفاده از گیاهان دارویی در تناوب و یا بصورت همراه با محصولات زراعی
- عملیات زراعی در جهت بهبود تنوع زیستی
- بوم‌شناسی کشاورزی و دانش بومی
- تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناختی و اقتصاد اکولوژیک

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی‌که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد, رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله ۱/۵ بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه ۱۲ تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه ۱۰ با فاصله خط ۱ نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر ۱۵ صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، سپاسگزاری و فهرست منابع کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر ۲۰ کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه ۱۴ نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی, درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده** حداکثر ۲۵۰ کلمه و در یک پاراگراف نوشته شود.
- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007) . برای جداسازی منابع در انتهای جمله از ";" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).
- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999)، Smith & Samuel (2009)و Samuel et al. (2008)
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌ها ی جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملا انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.

- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انکلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

الف- کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۲ در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه ۰/۵ انتخاب گردد.

ب- کلیه منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی (In Persian with English Summary) و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی داخل پرانتز (In Persian) نوشته شود.

ج- در نوشتن منابع، اسامی مجلات بصورت کامل نوشته شوند.

د- در صورتی‌که در نوشتن منابع مقاله از برنامه EndNote استفاده می‌شود، در قسمت Bibliography style نوع Agri Ecosys Enviro انتخاب گردد.

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, K., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 85: 1-8.

۲- کتاب تالیف شده:

Pretty, J. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Earthscan Publications Limited, London.

۳- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):

Ison, R. 2008. Systems thinking and practice for action research. In P. Reason and H. Bradbury (Eds.). Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. Sage Publications, London. p. 139–158.

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

Flora, C.B. 2004. Agricultural change and rural development. Rural Development News 27(3):1–3. Available at Web site http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/newsletter/Vol27No3-2004/agchange.htm (verified 5 September 2000).

۵- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی همراه با نام نگارنده:

Watson, R.T., Zinyowera, M.C., and Moss, R.H. 2006. IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at Web site http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm (verified 5 September 2007).

۶- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی بدون نام نگارنده:

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx (verified 5 September 2007).

۷- رساله‌های تحصیلی:

Khorramdel, S. 2011. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

۸- کنفرانس‌ها ی علمی:

Verschwele, A. 2007. Reducing weed infestation in winter wheat by sowing technique. In Seventh EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Salem, Germany, 11–14 March 2007, p. 91–96.

۹- گزارش‌های علمی:

Pretty, J. and Hine, R. 2001. Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Final report from the 'SAFE World' Research Project, University of Essex. Available at http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEWexecsummfinalreport.htm (accessed 22 February 2007).

NJF. 2005. NJF-Seminare 369. Organic farming for a new millennium – status and future challenges. Nordic Association of Agricultural Scientists, NJP Report Volume 1, No. 1. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. p. 252–256.

California Department of Food and Agriculture. 2004. State organic crop and acreage report. Available at Web site: www.cdfa.ca.gov/is/i&c/docs/2004stateData.pdf (verified October 2005).

۱۰- نرم افزار های کامپیوتری:

SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.

Systat. 2004. Systat Version 11. Systat Software, London, UK.

از کلیه همکاران، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که مایل به چاپ مقاله در این مجله می‌باشند، تقاضا می‌شود مقالات خود را با مشخصات فوق تهیه و از طریق سایت نشریه به صورت الکترونیکی برای دفتر نشریه ارسال فرمایند.

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه مجلات علمی، دفترمجله بوم شناسی کشاورزی

صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۵-۰۵۱ نمابر: ۳۸۸۰۴۶۵۵۳۸۷۹۶۸۴۱- ۰۵۱ E-mail: **Agroecology@um.ac.ir**

http://jm.um.ac.ir/index.php/agroecology

از آنجائیکه نشریه بوم شناسی کشاورزی مبتنی به نتایج پژوهش‌هایی است که مستقیماً با محیط طبیعی در ارتباط است، نتایج پژوهش‌های مربوط به محیطهای تحت کنترل مانند گلخانه و آزمایشگاه تناسب چندانی با این نشریه ندارند و لذا از پذیرش مقالاتی که حاصل چنین پژوهش‌هایی باشد معذوریم.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 147-155

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۵۵-۱۴۷

تأثیر باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور

سمیه همایون[۱]، امیر لکزیان[۲*]، غلامحسین حق‌نیا[۳] و رضا خراسانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۱۹

چکیده

شوری خاک یکی از مشکلات مهم در تولید فرآورده‌های کشاورزی است و سطح نسبتاً گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی در دنیا و ایران با مشکل شوری روبه‌رو هستند. یکی از اثرات شوری خاک، بروز اختلال در تغذیه گیاهان است و معمولاً مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط ریشه، سبب کاهش جذب، انتقال و تجمع یون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم در گیاه می‌شود. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تعدادی از جدایه‌های باکتری *ریزوبیوم* بر غلظت عناصر K، Ca، Na و نسبت K/Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌هایی با شوری مختلف، در شرایط گلخانه‌ای در سال ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با چهار سطح باکتری (*سینوریزوبیوم ملیلوتی*، *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* و شاهد) و سه سطح شوری خاک (دو، شش و ده دسی‌زیمنس بر متر) در سه تکرار انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت عناصر K، Ca و همین‌طور نسبت K/Na کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد داشت. باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* در شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در شوری‌های شش و ده دسی‌زیمنس بر متر بیشترین وزن خشک شاخساره (به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد)، غلظت‌های K، Ca و کمترین غلظت Na در گیاه گندم را ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: تعادل یونی، تلقیح باکتریایی، مقاومت به شوری، نسبت K/Na

مقدمه

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. این مناطق سطح نسبتاً گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی را شامل می‌شود و ایران نیز جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بر اساس آخرین پژوهش‌های انجام شده سطح کل زمین‌های فاریاب ایران حدود هفت میلیون هکتار است که حدود نیمی از آن، یعنی ۳/۵ میلیون هکتار از این زمین‌ها به نحوی، به شوری اولیه و ثانویه و یا هر دو مبتلا می‌باشند (Zabihi et al., 2009). معمولاً آسیب‌های ناشی از شوری خاک را می‌توان به اثرات ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی و اثرات یون ویژه نسبت داد. املاح در ناحیه توسعه ریشه‌ها، پتانسیل اسمزی منفی ایجاد می‌کنند که این امر به کاهش پتانسیل آب در خاک منجر می‌شود. همچنین زمانی که یون‌های Na^+، Cl^- یا SO^{2-} در یاخته‌های گیاهی انباشته شوند، اثرات ویژه یون نیز بروز می‌کند. معمولاً با ایجاد نسبت غیر متقارن Na/K و افزایش غلظت کل نمک‌ها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها رخ می‌دهد که این امر از ساخت پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند و یا زمانی که غلظت زیادی از Na^+ نسبت به Cl^- در کلروپلاست‌ها انباشته شود، عمل فتوسنتز متوقف می‌شود (Kafi et al., 2000).

مقاومت به شوری در گیاهان عمدتاً به توانایی ریشه‌ها برای محدود کردن یا کنترل کردن جذب Na^+ و Cl^- و جذب پیوسته عناصر ضروری به ویژه K^+ و NO_3^- بستگی دارد. در نتیجه برتری جذب K^+ نسبت به Na^+ یک ویژگی مهم به شمار می‌رود که به

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: alakzian@yahoo.com)

تحمل گیاهان به شوری کمک می‌کند (Ashraf et al., 2004). رشد گیاه تحت تأثیر شوری بستگی به سازگاری برای برقراری مجدد تعادل یونی دارد (Nadeem et al., 2006). تلاش‌های زیادی برای کاهش اثرات زیان‌آور شوری صورت گرفته که اغلب این تلاش‌ها روی بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک متمرکز شده است. اخیراً رویکرد زیستی یعنی استفاده از ریزجانداران نیز مورد توجه تعدادی از پژوهشگران قرارگرفته است (Nadeem et al., 2006) . چنین به نظر می‌رسد که روش‌های زیستی هزینه‌های تولید و آسیب‌های زیست-محیطی کمتری را به بوم نظام‌ها تحمیل می‌کند (Bano & Fatima, 2009). کاهش اثرات زیان‌آور تنش شوری در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌ها در پژوهش‌های بسیاری گزارش شده است (Yildirim et al., 2008; Zabihi et al., 2009; Yildirim et al., 2006). یک دسته از باکتری‌های مورد استفاده برای افزایش رشد گیاه، باکتری‌های *ریزوبیوم* هستند. *ریزوبیوم*ها علاوه بر این‌که روابط همزیستی اختصاصی با گیاهان لگوم دارند قادر به افزایش رشد گیاهان غیرلگوم، بدون تشکیل گره‌های حقیقی هستند. این باکتری‌ها می‌توانند از راه تولید هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها، جلوگیری از ساخت اتیلن گیاهی در شرایط تنش، حل کردن فسفات معدنی و افزایش جذب عناصر غذایی رشد گیاهان غیر لگوم را افزایش دهند (Mehboob et al., 2009). بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) در آزمایشی گلخانه‌ای نشان دادند که تلقیح گیاه ذرت (*Zea mays* L.) با باکتری *ریزوبیوم* کارآیی این گیاه را در مقاومت به شوری افزایش داد و گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده در شرایط تنش شوری رشد بهتر و ذی‌توده بالاتری داشتند. همچنین هان و لی (Han & Lee, 2005) گزارش کردند که تلقیح کاهو (*Lactuca sativa* L.) با *ریزوبیوم* اثرات منفی شوری بر رشد و غلظت عناصر را کاهش داد.

هدف از این مطالعه بررسی نقش برخی از باکتری‌های *ریزوبیوم* بر رشد گیاه گندم و تأثیر این باکتری‌ها بر غلظت کاتیون‌هایی مانند پتاسیم، کلسیم و سدیم در گیاه گندم در شوری‌های مختلف بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده در این آزمایش از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد از عمق شخم (۳۰-۰ سانتی‌متر) تهیه و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های این خاک در جدول ۱ آورده شده است. هدایت الکتریکی این خاک کم و برابر با دو دسی‌زیمنس بر متر بود. برای ایجاد سطوح مختلف شوری از آب شور طبیعی با هدایت الکتریکی ده دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک (قبل از شور کردن)

Table 1- Some chemical and physical properties of soil (before salinization)

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Ca ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم K	سدیم Na	فسفر P	نیتروژن کل Total N	آهک $CaCO_3$	کربن آلی OC
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)			(درصد) (%)		
لوم- رسی Clay- loam	7.54	2	9	162	166	12.50	0.04	12.30	0.30

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب شور

Table 2- Chemical properties of saline water

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم K^+	سدیم Na^+	منیزیم Mg^{2+}	کلسیم Ca^{2+}	کلر Cl^-	بیکربنات HCO_3^{-1}	کربنات CO_3^{2-}
		(میلی‌اکی‌والان بر لیتر) ($meq.L^{-1}$)						
6.80	10	9.30	103	16.10	15.40	110	26.60	0

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک (پس از شور کردن)

Table 3- Some chemical properties of soil (after salinization)

سطح شوری Salinity level	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Ca ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم K	سدیم Na
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)	
سطح اول First level	7.92	2	9	162	166
سطح دوم Second level	7.97	6	19.30	176	375
سطح سوم Third level	7.98	10	29.70	191	709

از هر نمونه خاک با شوری مختلف تعداد ۱۲ گلدان یک کیلوگرمی تهیه شد. سپس تعداد پنج گیاهچه گندم رقم پیشتاز (قبلاً بذرهای گندم با هیپوکلرید سدیم سه درصد ضدعفونی و سپس بر روی آب آگار جوانه‌دار شده بودند) داخل هر یک از گلدان‌ها کشت شدند. البته قبل از کشت، گیاهچه‌ها با سوسپانسیون هر یک از باکتری‌ها تلقیح شدند. گیاهان در طی دوره رشد با آب مقطر آبیاری شدند و رطوبت گلدان‌ها در ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه به روش وزنی حفظ شد. سپس گیاهان پس از چهار هفته برداشت شدند.

باکتری‌های استفاده شده در این تحقیق از کلکسیون بیولوژی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و روی محیط کشت YEMA[1] بازکشت شدند. سپس باکتری‌ها روی محیط کشت YEMB[2] تا مرحله فاز ثابت با چگالی نوری ۰/۸ رشد داده شدند. به منظور تلقیح، بذرهای جوانه‌دار درون ظروف پتری با مایه تلقیح آغشته و به مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته شدند.

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل، با چهار سطح باکتری شامل *سینوریزوبیوم ملیلوتی* (*Sinorhizobium meliloti*) (B_1)، *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* (*Bradyrhizobium japonicum*) (B_2) و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* (*Rhizobium legominozarum*) (B_3) و شاهد بدون باکتری (B_0) و سه سطح شوری دو (S_1)، شش (S_2) و ده (S_3) دسی‌زیمنس بر متر در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با میانگین دمای روزانه و شبانه ۳۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت چهار هفته انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. وزن خشک ریشه و شاخساره اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر از روش هضم تر (Richards, 1954) استفاده شد. سدیم و پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج و کلسیم با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو- ۶۷۰ قرائت گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به وسیله نرم‌افزار Mstat-C با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و سطح اطمینان پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان داد که شوری و تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* و برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

به منظور تهیه نمونه‌های خاک با شوری‌های مختلف، مقدار ۱۸ کیلوگرم از این خاک در سه گلدان شش کیلوگرمی به طور مساوی توزیع شد. یکی از گلدان‌ها با همان شوری اولیه به عنوان اولین سطح شوری در نظر گرفته شد و سپس دو گلدان دیگر با مقادیر مختلف آب شور که از چشمه‌ای واقع در روستای امان‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب مشهد) تهیه شده بود، آبیاری شدند. شوری خاک به طور متناوب پایش و پس از حصول شوری‌های شش و ده دسی‌زیمنس بر متر، خاک‌ها مجدداً هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. خصوصیات آب شور اولیه و خصوصیات خاک‌ها پس از شور شدن به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که با افزایش شوری خاک وزن خشک شاخساره و ریشه کاهش یافت. البته میزان کاهش در سطح دوم شوری (S_2) با هدایت الکتریکی شش دسی‌زیمنس بر متر در

1- Yeast extract mannitol agar
2- Yeast extract mannitol broth

مقایسه با تیمار S_1 از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ٤- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه و ریشه گندم تلقیح شده با باکتری‌های *ریزوبیوم* در خاک‌هایی با شوری متفاوت

Table 4- Analysis of variance for shoot and root dry weights of wheat inoculated with rhizobia in different soil salinities

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
شوری Salinity	2	0.073**	0.01**
باکتری Bacteria	3	0.008**	0.007**
شوری × باکتری Salinity× bacteria	6	0.011**	0.013**
خطا Error	24	0.001	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.73	11.42

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at 1% probability level

در حالی‌که وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح سوم شوری (S_3) با هدایت الکتریکی ده دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به تیمار S_1 نشان داد (جدول ۵). در پژوهش‌های دیگری نیز کاهش وزن خشک در اثر افزایش شوری گزارش شده است (Hadi et al., 2008; Zabihi et al., 2009; Abdolzadeh & Saffarie, 2004). یکی از دلایلی که برای این کاهش عنوان گردیده کاهش جذب آب و عناصر غذایی به دلیل بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاهان زیر تنش شوری است (Zabihi et al., 2009).

تأثیر تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر وزن خشک شاخساره و ریشه در سطوح مختلف شوری خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در خاک با هدایت الکتریکی دو دسی‌زیمنس بر متر تلقیح با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باعث بیشترین افزایش در وزن خشک شاخساره و ریشه (به ترتیب ۱۵/۹ و ۷۴/۹ درصد) نسبت به شاهد (B_0) شد، اما در شوری‌های سطح دوم و سوم بیشترین مقدار وزن خشک شاخساره در تلقیح با باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* به دست آمد (به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد). در مورد ریشه نیز در این شوری‌ها، باکتری *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* به ترتیب با ۶۰/۳ و ۶۰/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین مقدار وزن خشک را ایجاد کرد که تفاوت معنی‌دار با تلقیح با *ریزوبیوم لگومینوزاروم* نداشت. باکتری‌های *ریزوبیوم* می‌توانند ریزوسفر ریشه گیاهان غیر لگوم را کلونیزه کنند و مانند باکتری‌های PGPR[1] عمل کرده و از راه‌های مختلفی مانند زیست‌ساخت هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها، افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها، تولید آنزیم ACC[2] دآمیناز، کنترل پاتوژن‌های گیاهی، توان حل‌کنندگی فسفات، تولید سیدروفور و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش رشد ریشه شوند و در نتیجه رشد گیاه را بهبود بخشند و بنابراین به گیاه در تحمل شرایط تنش کمک می‌کنند (Mehboob et al., 2009; Ramezanian Bajgiran, 2005).

تأثیر شوری خاک بر غلظت عناصر در گیاه

با افزایش شوری خاک غلظت یون کلسیم شاخساره کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) در هر دو سطوح شوری S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_1 پیدا کرد (جدول ۶). این نتیجه با مشاهدات سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Hu & Schmidhalter, 1997; Hadi et al., 2008; Hossain et al., 2006). در خاک‌های شور غلظت کلسیم معمولاً با افزایش غلظت کل نمک‌ها افزایش پیدا می‌کند (جدول ۳)، اما جذب کلسیم از محلول خاک به علت واکنش‌های یونی، رسوب و افزایش قدرت یونی که معمولاً با کاهش فعالیت یون Ca^{2+} همراه است، کاهش می‌یابد (Hu & Schmidhalter, 2005; Pessarakli,

1- Plant growth promoting rhizobacteria

2- Aminocycli- propane 1- Carboxylic acid

.(1999

جدول ۵- برهمکنش سطوح شوری و تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر وزن خشک شاخساره و ریشه

Table 5- Interaction of salinity levels and rhizobial bacteria inoculation on shoot and root dry weight

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) Shoot dry weight (g.pot^{-1})				
S_1	0.650^{bcd}	0.753^{a}	0.671^{bc}	0.648^{bcd}	0.680^{A}
S_2	0.633^{bcd}	0.593^{d}	0.684^{b}	0.756^{a}	0.666^{A}
S_3	0.529^{e}	0.504^{e}	0.509^{e}	0.613^{cd}	0.539^{B}
میانگین Mean	**0.604^{B}**	**0.616^{B}**	**0.621^{B}**	**0.672^{A}**	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) Root dry weight (g.pot^{-1})				
S_1	0.202^{def}	0.353^{a}	0.226^{de}	0.185^{ef}	0.241^{A}
S_2	0.180^{ef}	0.195^{def}	0.300^{ab}	0.289^{bc}	0.241^{A}
S_3	0.155^{f}	0.16^{f}	0.249^{bcd}	0.235^{cde}	0.200^{B}
میانگین Mean	**0.179^{B}**	**0.236^{A}**	**0.258^{A}**	**0.236^{A}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

جدول ٦- برهمکنش شوری و تلقیح باکتری برغلظت کلسیم شاخساره گندم

Table 6- Interaction of salinity and rhizobial bacteria inoculation on calcium concentration in wheat shoot

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	غلظت کلسیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot Ca concentration (mg.g^{-1} dry matter)				
S_1	6.33^{c}	6.70^{b}	6.84^{b}	7.04^{a}	6.73^{A}
S_2	6.23^{c}	6.02^{d}	6.01^{d}	6.73^{b}	6.25^{B}
S_3	5.79^{e}	5.79^{e}	5.49^{f}	6.04^{d}	5.75^{C}
میانگین Mean	**6.12^{B}**	**6.14^{B}**	**6.11^{B}**	**6.60^{A}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

غلظت پتاسیم شاخساره با افزایش شوری روند کاهشی داشت که این کاهش نسبت به تیمار S_1 معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۷). نتایج بسیاری از تحقیق‌ها کاهش غلظت پتاسیم در گیاهانی که در شرایط شوری رشد می‌کنند را تأیید می‌کند (Hadi et al., 2008; Hossain et al., 2006; Abdolzadeh & Saffarie, 2004). کاهش غلظت یون پتاسیم در شاخساره گیاه گندم به دلیل افزایش غلظت سدیم خاک در نتیجه تنش شوری و رقابت یون پتاسیم با این یون برای جذب به وسیله گیاه می‌باشد، زیرا رابطه آنتاگونیستی بین این دو یون در جذب توسط گیاه وجود دارد (Khan et al., 2009; Kafi et al., 2009).

بر خلاف کلسیم و پتاسیم، با افزایش شوری خاک میانگین غلظت سدیم شاخساره افزایش معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به شاهد یافت (جدول ۷). افزایش غلظت سدیم در بافت‌های گیاهی یکی از نتایج اولیه تنش شوری است (Hadi et al., 2008). با افزایش شوری خاک نسبت Na/K در محلول خاک و به دنبال آن جذب سدیم به وسیله گیاه افزایش می‌یابد (Kafi et al., 2009). این نتیجه با یافته-

های سایر پژوهشگران نیز مطابقت دارد (Mayak et al., 2004; Yao et al., 2010). یکی از معیارهای فیزیولوژیکی که برای مقاومت به شوری در نظر گرفته می‌شود نسبت K/Na است و این نسبت می‌تواند به عنوان شاخصی برای مقاومت به شوری در گیاهان به ویژه غلات که نقش زیادی در تأمین غذای جمعیت رو به رشد بشر دارند در نظر گرفته شود (Morant Manceau et al., 2004). بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۷) افزایش شوری خاک سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) این نسبت در شاخساره گیاه گندم شد که این می‌تواند نشان‌دهنده کاهش مقاومت گیاهان به تنش شوری باشد.

تأثیر تلقیح باکتری‌ها بر غلظت عناصر در گیاه

تأثیر تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت عناصر کلسیم، پتاسیم و سدیم و همچنین نسبت K/Na در شاخساره گیاه گندم، در سطوح مختلف شوری خاک در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تلقیح باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* (B_3) در هر سه سطح شوری سبب افزایش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) میانگین غلظت کلسیم شاخساره نسبت به تیمار شاهد (B_0) شد. افزایش غلظت کلسیم در گیاهان تلقیح شده می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌ها بر رشد گیاه و افزایش توان گیاه در جذب عناصر غذایی باشد (Han & Lee, 2005). نتایج آزمایش وو (Wu, 2009) که در شرایط شور انجام شد نشان داد که آزمایشی در مزرعه که تلقیح باکتری *سودوموناس* سبب افزایش ۶۰ درصدی غلظت کلسیم در بافت گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) شد. همچنین بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های *سودوموناس* و *ریزوبیوم* غلظت کلسیم را در برگ‌های گیاه ذرت در شرایط تنش شوری افزایش داد، اما خودیر و همکاران (Khodair et al., 2008) و اشرف و همکاران (Ashraf et al., 2006) پس از تلقیح گیاه گندم با باکتری‌های تولید کننده پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای کاهش غلظت کلسیم را در شاخساره مشاهده کردند و علت این کاهش را پیوند کلسیم با پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای این باکتری‌ها در خاک ریزوسفر اعلام کردند.

جدول ۷- برهمکنش شوری و تلقیح باکتری برغلظت پتاسیم، سدیم و نسبت K/Na در شاخساره

Table 7- Interaction of salinity and rhizobial bacteria inoculation on concentration of potassium, sodium and K/Na ratio in wheat shoot

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	غلظت پتاسیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot K concentration (mg.g $^{-1}$ dry matter)				
S_1	70.75^{bc}	75.77^{a}	71.46^{b}	71.49^{b}	72.32^{A}
S_2	65.88^{e}	64.13^{f}	68.54^{d}	68.88^{cd}	66.86^{B}
S_3	56.72^{h}	56.48^{h}	57.64^{h}	60.41^{g}	57.81^{C}
میانگین Mean	**64.39^{C}**	**65.46^{B}**	**65.88^{B}**	**66.93^{A}**	
	غلظت سدیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot Na concentration (mg.g $^{-1}$ dry matter)				
S_1	1.41^{i}	1.08^{g}	1.53^{i}	1.64^{i}	1.41^{C}
S_2	2.41^{d}	2.39^{d}	2.06^{e}	2.01^{e}	2.22^{B}
S_3	3.89^{a}	3.73^{a}	3.25^{b}	2.90^{c}	3.44^{A}
میانگین Mean	**2.57^{A}**	**2.40^{B}**	**2.28^{BC}**	**2.18^{C}**	
	نسبت K/Na شاخساره Shoot K/Na ratio				
S_1	50.4^{b}	70.3^{a}	46.8^{c}	43.7^{c}	52.8^{A}
S_2	27.4^{e}	26.9^{e}	33.5^{d}	34.4^{d}	30.5^{B}
S_3	14.6^{g}	15.2^{g}	17.7^{fg}	21.1^{f}	17.2^{C}
میانگین Mean	**30.8^{C}**	**37.4^{A}**	**32.7^{BC}**	**33.1^{B}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

اگر چه باکتری‌ها در شوری‌های مختلف به گونه‌ای متفاوت عمل کردند، ولی تلقیح باکتری‌ها در سطوح مختلف شوری خاک سبب افزایش غلظت پتاسیم شاخساره نسبت به تیمار بدون تلقیح شد (جدول ۷). بیشترین میانگین غلظت پتاسیم شاخساره مربوط به باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و شوری S_1 (دو دسی‌زیمنس بر متر) بود. بدین‌ترتیب، به نظر می‌رسد که مؤثرترین باکتری در این شوری باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* بوده است، در حالی‌که در شوری‌های S_2 (شش دسی‌زیمنس بر متر) و S_3 (ده دسی‌زیمنس بر متر) تلقیح باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* بیشترین غلظت پتاسیم را در شاخساره گیاه گندم ایجاد کرد. احتمالاً مکانیسمی که باعث این افزایش شده است نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR[1]) بوده که با تولید هورمون‌های گیاهی سبب توسعه سیستم ریشه و افزایش جذب می‌شوند (Rasipour & Ali Asgharzade, 2007). افزایش غلظت پتاسیم در گیاه ذرت تلقیح شده با باکتری‌های *سودوموناس و ریزوبیوم* در خاک شور به وسیله بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) گزارش شده است.

با توجه به جدول ۷ با افزایش شوری خاک میانگین غلظت سدیم شاخساره نیز افزایش یافت، اما تلقیح باکتری‌ها تا حدودی از تأثیر شوری بر افزایش غلظت سدیم کاسته است و غلظت سدیم را نسبت به تیمار بدون تلقیح به طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) کاهش داده است. به این صورت که در خاک با شوری S_1، *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باکتری مؤثر در کاهش غلظت سدیم در گیاه بود (۲۳/۳ درصد کاهش نسبت به شاهد)، اما با افزایش شوری خاک این باکتری تأثیری بر غلظت سدیم شاخساره نداشت. در حالی‌که باکتری‌های *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) میانگین غلظت سدیم در شوری‌های S_2 و S_3 شدند. مقدار کاهش غلظت سدیم در نتیجه تلقیح با باکتری‌های *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* به ترتیب ۱۴/۶ و ۱۶/۵ درصد در شوری S_2 و ۱۶/۴ و ۲۵/۵ درصد در شوری S_3 بود. باکتری‌های PGPR یون‌های معدنی به ویژه سدیم را در ریشه نگه می‌دارند و از انتقال آن‌ها به اندام هوایی گیاه جلوگیری می‌کنند (Yildirim et al., 2008). همچنین تولید پلی‌ساکاریدهای برون‌یاخته‌ای به وسیله باکتری‌های تلقیح شده در ریزوسفر سبب افزایش خاکدانه‌سازی در این ناحیه می‌شود و بخش بزرگتری از ریشه با پوسته‌های خاک پوشانده می‌شود که به این دلیل جریان غیرفعال سدیم به سمت استوانه مرکزی که از مسیر آپوپلاسمی صورت می‌گیرد کاهش می‌یابد (Ashraf et al., 2004; Khodair et al., 2008).

نسبت K/Na شاخساره در گیاهان تلقیح شده به گونه‌ای معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش یافت (جدول ۷). بالاترین نسبت K/Na شاخساره در گیاهان تلقیح شده با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* در شوری S_1 مشاهده شد، اما با افزایش شوری خاک تأثیر این باکتری در افزایش نسبت K/Na کاهش یافت به طوری‌که در شوری‌های S_2 و S_3 نسبت K/Na در این تیمار تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون تلقیح نداشت، اما در شوری‌های S_2 و S_3 باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* مؤثرترین باکتری در افزایش نسبت K/Na بود. با توجه به این‌که تیمارهایی که نسبت K/Na بالاتری داشتند، وزن خشک بیشتری نیز نشان دادند، به طوری‌که با افزایش این نسبت مقاومت گیاه گندم به شوری افزایش پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت Ca، K و نسبت K/Na شاخساره کاهش یافت. همچنین غلظت سدیم شاخساره افزایش یافت. تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* تأثیر منفی شوری بر صفت‌های گفته شده را کاهش داد. طبق نتایج بالاترین وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت پتاسیم و نسبت K/Na شاخساره در خاک با هدایت الکتریکی دو دسی‌زیمنس بر متر مربوط به تیمار باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و در خاک‌های با هدایت الکتریکی شش و ده دسی‌زیمنس بر متر، مربوط به باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* بود. همچنین باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در تمام سطوح شوری بالاترین غلظت کلسیم را در شاخساره نسبت به شاهد ایجاد کرد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که از میان باکتری‌های مورد آزمایش باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در خاک‌های شور به طور مؤثرتری آثار منفی شوری بر گیاه را کاهش می‌دهد و سبب ایجاد مقاومت بیشتری به شوری در گیاه گندم می‌شود.

1- Plant growth promoting rhizobacteria

منابع

Abdolzadeh, A., and Saffarie, N. 2004. Study of salinity effect on growth and accumulation ions in promissing wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 114-127. (In Persian with English Summary)

Ashraf, M., Hasnain, S., and Berge, O. 2006. Effect of exo-polysaccharides producing bacterial inoculation on growth of roots of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in a salt-affected soil. International Journal of Environmental Technology and Management 3(1): 43-51.

Ashraf, M., Hasnain, S., Berge, O., and Mahmood, T. 2004. Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress. Biology and Fertility of Soils 40: 157-162.

Bano, A., and Fatima, M. 2009. Salt tolerance in (*Zea mays* L.) following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. Biology and Fertility of Soils 45: 405-413.

Hadi, M.R., Khosh Kholgh Sima, N.A., Khavarinejad, R., and Kiyam Nekoie, S.M. 2008. The effect of elements accumulation on salinity tolerance in seven genotype durum wheat (*Triticum turgidum* L.) collected from the Middle East. Iranian Journal of Biology 21(2): 326-340. (In Persian with English Summary)

Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.

Hossain, A.A., Halim, M.A., Hossain, F., and Meher Niger, M.A. 2006. Effect of NaCl salinity on physiological characters of wheat (*Triticum aestivum* L.). Bangladesh Journal of Botany 35(1): 9-15.

Hu, Y., and Schmidhalter, U. 1997. Interactive effect of salinity and macronutrient level on wheat. II. Composition. Journal of Plant Nutrition 20(9): 1169-1182.

Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition of Soil Science 168: 541-549.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plant. Mashhad Academic Jihad Press, Mashhad, Iran 504 pp. (In Persian)

Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharif, H.R., and Goldani, M. 2000. Plant Physiology. Mashhad Academic Jihad Press, Mashhad, Iran 365 pp. (In Persian)

Khan, M.A., Shirazi, M.U., Khan, M.A., Mujtaba, S.M., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R.U., and Yasin Ashraf, M. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(2): 633-638.

Khodair, T.A., Galal, G.F., and El-Tayeb, T.S. 2008. Effect of inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria in saline soil. Journal of Applied Sciences Research 4(12): 2065-2070.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.

Mehboob, I., Naveed, M., and Zahir, Z.A. 2009. Rhizobial association with non-legumes: mechanisms and applications. Critical Reviews in Plant Science 28: 432-456.

Morant Manceau, A., Pradier, E., and Tremblin, G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology 161: 25-33.

Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M., Arshad, M., and Shahzad, S.M. 2006. Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. Soil and Environment 25(2): 78-84.

Pessarakli, M. 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. 2nd Ed. CRC Press. 1254 pp.

Ramezanian Bajgiran, A. 2005. The role of ACC deaminase containing Rhizobia in reducing bad effects of stress ethylene in wheat plant. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Rasipour, L., and Ali Asgharzade, N. 2007. Interaction effects of phosphate solubilizing bacteria and (*Bradyrhizobium japonicum*) on growth indexes, nodulation and uptake of some nutrients in soybean. Journal of

Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40: 53-63. (In Persian with English Summary)

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA Agriculture hand book. No. 60. Washington.

Wu, S.S. 2009. Enhanced phytoremediation of salt impacted soils using plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). MSc Thesis, University of Waterloo, Canada.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49-54.

Yildirim, E., Taylor, A.G., and Spittler, T.D. 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. Scientia Horticulturae 111: 1-6.

Yildirim, E., Turan, M., and Donmez, M. 2008. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. Rumanian Biotechnological Letters 13(5): 3933-3943.

Zabihi, H.R., Savaghebi, G.R., Khavazi, K., and Ganjali, A. 2009. Effect of application of *Pseudomonas fluorescents* on yield and yield components of wheat under different soil salinity levels. Journal of Water and Soil 23(1): 199-208. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 156-167

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۶۷-۱۵۶

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker)

سید محمد سیدی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، روشنک شهریاری[۱] و مسعود آزاد[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۳

چکیده

کرچک (*Rricinus communis* L.) یک گیاه سمی می‌باشد که از پتانسیل کافی جهت کاربرد در علف‌کش‌های زیستی برخوردار است. به منظور بررسی اثرات دگرآسیبی اندام‌های کرچک بر جوانه‌زنی و رشد گیاه سس (*Cuscuta campestris* Yuncker)، سه آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. آزمایش اول دارای دو عامل اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در ۱۱ سطح (صفر، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت، هشت، نه و ده درصد) در پتری‌دیش، آزمایش دوم دارای دو عامل اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) در گلدان و آزمایش سوم دارای دو عامل بقایای اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و دوره‌های پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز شاهد) بود. نتایج آزمایش اول و دوم نشان داد که عصاره‌های آبی اثر معنی‌داری بر وزن خشک، طول گیاهچه و جوانه‌زنی سس داشتند. همچنین دوره‌های پوسیدگی اثر معنی‌داری را بر این صفات نشان دادند. در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر این صفات داشت، به طوری‌که در دوره‌های صفر تا ۴۵ روز پوسیدگی به طور کامل از سبز شدن سس جلوگیری کرد. با توجه به این‌که کنترل این علف‌هرز انگلی تنها به وسیله رهیافت‌های تلفیقی مدیریت علف‌های‌هرز در دراز مدت امکان‌پذیر است، استفاده از توانایی آللوپاتی کرچک می‌تواند به عنوان یک رهیافت در این سیستم‌های مدیریتی مطرح باشد.

واژه‌های کلیدی: برگ، دوره‌های پوسیدگی، ریشه، ساقه، علف‌هرز انگل، مواد دگرآسیب

مقدمه

سس با نام علمی *Cuscutsa campestris* Yuncker گیاهی است یک‌ساله که به خانواده پیچک (Cuscutaceae) تعلق دارد. سس یک گیاه انگل غیراختصاصی[۳] روی سطح خاک است که از طریق اندام‌های مکنده خود به بافت‌ها و سیستم آوندی گیاه میزبان نفوذ کرده و به علت بهره‌برداری از آب، مواد معدنی و مواد فتوسنتزی، باعث کاهش رشد گیاه میزبان شده (Lanini & Kogan, 2005; Nadler-Hassar & Rubin, 2007) و بسته به گیاه میزبان می‌تواند عملکرد آن را بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش دهد (Rashed Mohasel et al., 2002). به دلیل ماهیت اتصال و ارتباط سس با گیاه میزبان، کنترل کامل سس با روش‌های شیمیایی به ندرت امکان‌پذیر است (Lanini & Kogan, 2005). همچنین به دلیل افزایش نگرانی‌های محیطی در استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، تلاش‌های قابل ملاحظه‌ای در طراحی روش مدیریت جایگزین علف‌های‌هرز شکل گرفته است (Bhowmik & Inderjit, 2003; Gliessman, 2001). بر این اساس با توجه به مشکلاتی که علف‌کش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های‌هرز به همراه دارند، استفاده از توانایی دگرآسیبی گیاهان زراعی به عنوان روش جایگزین شناخته می‌شود (Gliessman, 2001).

دگرآسیبی یکی از روابط مستقیم تداخل بین گیاهان بوده

۱ و ۲- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

3- Holoparasite

(Jarchow & Cook, 2009) و به طور کلی بر اساس تولید ترکیبات بیوشیمیایی پیچیده و سمی بیان می‌شود (Morris et al., 2009). خاصیت دگرآسیبی گیاهان می‌تواند به طوری موفق به عنوان ابزاری جهت کاهش جمعیت علف‌های‌هرز مورد استفاده قرار گیرد (Xuan et al., 2005). با توجه به این‌که نگرانی‌های اکولوژیکی و زیست-محیطی که با مصرف علف‌کش‌های شیمیایی به وجود آمده است، منجر به افزایش توجه به کشاورزی ارگانیک شده است (Narwal, 2010) و همچنین به دلیل عدم استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی در نظام‌های ارگانیک (Wallace, 2001)، معرفی علف‌کش‌های زیستی جهت کنترل علف‌های‌هرز می‌تواند توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را امکان‌پذیر کند (Machado, 2007). بنابراین، روش دگرآسیبی می‌تواند به طور موفق در برنامه‌هایی که بر پایه اصول کشاورزی زیستی طراحی شده‌اند به کار گرفته شود (Roohi et al., 2010; Narwal, 2010).

در راستای نقش و اهمیت دگرآسیبی جهت کنترل علف‌های‌هرز (Bhowmik & Inderjit, 2003)، می‌توان به کرچک (*Rricinus communis* L.) اشاره کرد که از گیاهان سمی بوده و پتانسیل استفاده از سموم آن در علف‌کش‌های زیستی وجود دارد (Mohsenzadeh et al., 2008). ریسین[1] که یک لکتین گیاهی[2] بوده و یکی از مهم‌ترین و کشنده‌ترین سموم گیاهی است که تاکنون شناخته شده است، از جمله مواد دگرآسیبی است که در این گیاه وجود دارد (Doan, 2004; Aslani et al., 2007). محسن‌زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008) گزارش کردند که عصاره برگ و میوه کرچک با غلظت ۲/۵ درصد، به طور معنی‌داری جوانه‌زنی گندم (*Triticum aestivum* L.) و لوبیای چشم بلبلی (*Vigna radiata* L.) را کاهش داد. همچنین این محققین بیان کردند که این عصاره می‌تواند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم و نیز طول محور زیر لپه و بالای لپه لوبیای چشم بلبلی و نیز وزن خشک آن‌ها را کاهش دهد. از سویی دیگر، این محققین اظهار داشتند که عصاره آبی برگ و میوه کرچک دارای فعالیت‌های ضدقارچی می‌باشد. یوپاسانی و همکاران (Upasani et al., 2003) کرچک را به عنوان یک گیاه دارای فعالیت‌های حشره‌کشی گزارش کردند و این فعالیت‌ها را به فلاونوییدها[3] که از جمله متابولیت‌های ثانویه مهم در این گیاه می‌باشد، نسبت دادند.

بر این اساس، با توجه به پتانسیل گیاه کرچک جهت استفاده در علف‌کش‌های زیستی (Mohsenzadeh et al., 2008) و نیز با توجه به اهمیت سس به عنوان یک علف‌هرز که انگل بسیاری از گیاهان زراعی است (Lanini & Kogan, 2005)، این تحقیق به منظور بررسی اثرات آللوپاتی کرچک بر جوانه‌زنی و رشد این علف‌هرز صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه و بررسی اثرات آللوپاتی اندام‌های مختلف کرچک بر جوانه‌زنی و رشد سس در سه آزمایش جداگانه به شرح زیر و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد.

آزمایش اول: هدف از اجرای این آزمایش و نیز آزمایش دوم بررسی تأثیر عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک در غلظت‌های مختلف بر جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه سس در شرایط کاشت در پتری‌دیش و گلدان بود. عوامل مورد بررسی در این آزمایش، عصاره آبی اندام‌های مختلف کرچک (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل آذین) در ۱۱ سطح (صفر، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت، هشت، نه و ده درصد) بودند. به طور کلی، از آن‌جا که همزمان با شروع مرحله پر شدن دانه، بیشترین غلظت مواد دگرآسیب در اندام‌های هوایی وجود دارد (Orouji et al., 2008)، به منظور تهیه عصاره آبی کرچک، نمونه‌های گیاه مورد نظر در پایان مرحله گلدهی و شروع پر شدن دانه از مزرعه جمع‌آوری شدند. آنالیز خاک مزرعه‌ای که کرچک از آن جمع‌آوری شد در جدول ۱ آمده است:

پس از جمع‌آوری کرچک از مزرعه ابتدا ریشه، ساقه، برگ و نیز گیاه کامل بدون گل‌آذین به صورت جداگانه در سایه و با جریان هوا خشک و سپس آسیاب شدند. به منظور تهیه محلول مادر[4]، ده گرم از پودر هر قسمت از گیاه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و هر شش ساعت به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد.

1- Ricin
2- Plant lectin
3- Flavonoids
4- Stock solution

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان و خاک مزرعه کرچک

Table 1- Physical and chemical properties of pot and field soils used in experiment

نمونه خاک Soil sample	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن (درصد) N (%)
گلدان Pot	لومی- سیلتی Silty-loam	1.86	6.82	0.097	125.55	12.75	0.08
مزرعه Field	لومی- سیلتی Silty-loam	1.1	7.76	0.090	120	0.07	0.07

پس از ۷۲ ساعت محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و جهت تهیه محلول‌هایی با غلظت‌های صفر درصد، یک درصد، دو درصد، سه درصد، چهار درصد، پنج درصد، شش درصد، هفت درصد، هشت درصد، نه درصد و ده درصد، به ترتیب با نسبت‌های صفر به ده (صفر میلی‌لیتر محلول مادر و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، یک به نه، دو به هشت، سه به هفت، چهار به شش، پنج به پنج، شش به چهار، هفت به سه، هشت به دو، نه به یک و ده به صفر با آب مقطر مخلوط شد. محلول مادر به عنوان غلظت ده درصد و آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

به منظور شکستن خواب بذرهای سس (جوانه‌زنی حدود سه درصد)، این بذرها پس از جمع‌آوری از روی گیاه سیب‌زمینی به عنوان میزبان و جدا کردن بذرهای سالم از توده بذری توسط دستگاه بینی کولار[1]، به مدت ۲۰ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ با غلظت ۹۸ درصد قرار داده شد (درصد جوانه‌زنی پس از اعمال تیمار حدود ۸۳ درصد). چهار میلی‌لیتر از عصاره آبی هر غلظت به صورت جداگانه به پتری‌دیش‌های دارای کاغذ صافی اضافه و سپس تعداد ۲۰ عدد بذر سس در هر یک از آن‌ها کاشته شد. پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Benvenuti et al., 2005).

آزمایش دوم: عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل، اندام‌های مختلف کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و عامل دوم آزمایش، غلظت‌های مختلف عصاره آبی هر اندام در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) بود. جهت تهیه عصاره‌های آبی با غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد، محلول‌های اندام‌های مورد نظر همانند آزمایش اول پس از عبور از صافی به ترتیب با نسبت‌های صفر به ده، ۲/۵ به ۷/۵، پنج به پنج، ۷/۵ به ۲/۵ و ده به صفر با آب مقطر مخلوط شد. بذرهای سس پس از جداسازی از توده بذری و شکسته شدن خواب به تعداد ده عدد در هر گلدان کاشته شد و سپس عصاره‌های آبی به تفکیک تیمارها به خاک گلدان‌ها اضافه شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک گلدان‌های مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

آزمایش سوم: این آزمایش با هدف بررسی تأثیر بقایای اندام‌های کرچک بر سبز شدن و رشد گیاهچه سس صورت گرفت. عامل اول این آزمایش، اندام‌های مختلف کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و عامل دوم، دوره‌های مختلف پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز تیمار شاهد) بود. نمونه‌های گیاهی به طور جداگانه پس از آسیاب به نسبت پنج درصد وزنی با خاک گلدان‌ها مخلوط گردید و بر حسب دوره‌های ذکر شده و تا زمان کاشت گیاهچه‌های سس، این گلدان‌ها در فضای آزاد نگهداری شدند. همچنین به منظور سپری شدن روند طبیعی پوسیدگی، بسته به نیاز آبیاری گلدان‌ها به طور همزمان انجام شد. سپس به منظور اعمال دوره‌های پوسیدگی به ترتیب صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از اضافه کردن بقایا، تعداد ده عدد بذر سس همانند دو آزمایش قبلی پس از جدا کردن توده بذری و شکستن خواب، در گلدان‌ها کاشته شد. تیمار عدم اضافه کردن بقایا به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. گلدان‌های مربوط به آزمایش دوم و سوم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها بسته به نیاز با آب مقطر انجام شد.

شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده (در آزمایش اول) و سبز شده (آزمایش دوم و سوم) ۲۴ ساعت پس از کاشت بذرها آغاز و تا زمان ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده یا سبز شده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس (تا ۱۳ روز برای آزمایش اول و تا ۱۵ روز برای آزمایش دوم و سوم) به طور مرتب جهت تعیین درصد،

1- Binocular

سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی جهت آزمایش اول و درصد، سرعت و متوسط زمان سبز شدن جهت آزمایش دوم و سوم انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی (یا سبز شدن)[1]، متوسط زمان جوانه‌زنی[2] و متوسط زمان سبز شدن[3] به ترتیب از معادله‌های (۱)، (۲) و (۳) استفاده شد (Roohi et al., 2010; Mattews & Khajeh Hosseini, 2006; Deines et al., 2007; Benvenuti et al., 2005):

معادله (۱)
$$GR\ (or\ Er) = \sum_{i=1}^{n} \frac{ni}{di}$$

Gr (or Er): سرعت جوانه‌زنی یا سبز شدن (یک بر روز)، n_i: تعداد بذرهای جوانه‌زده در اولین روز شمارش، n_n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در آخرین روز شمارش، d_i: اولین روز شمارش و d_n: آخرین روز شمارش

معادله (۲)
$$MGT = \frac{\sum_{i=1}^{x} NiTi}{\sum_{i=1} Ni}$$

N: تعداد بذور جدید جوانه زده، T: تعداد روز جوانه‌زنی و MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی

معادله (۳)
$$MET = \frac{\sum_{i=1}^{x} NiTi}{\sum_{i=1} Ni}$$

N: تعداد گیاهچه سبز شده، T: تعداد روز سبز شدن و MET: متوسط زمان سبز شدن

طول گیاهچه‌ها با خطکش و وزن خشک آن‌ها پس از آن‌که به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. همچنین با ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده یا سبز شده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس در هر سه آزمایش، تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال (گیاهچه‌های فاقد رشد کافی و یا دارای رشد غیرطبیعی) نیز اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌های هر سه آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار MS-Excel انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

1- Germination or emergence rate
2- Mean germination time
3- Mean emergence time

نتایج و بحث

آزمایش اول: عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر کاهش درصد جوانه‌زنی داشتند (جدول ۲). بیشترین کاهش در درصد جوانه‌زنی در غلظت نه درصد عصاره آبی برگ بود. به طوری‌که میزان جوانه‌زنی را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. بعد از آن غلظت نه درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی ریشه با ۶۰/۰۱ و ۵۶ درصد کاهش نسبت به شاهد، بیشترین تأثیر معنی‌دار و غلظت هشت درصد عصاره آبی برگ با ۱۶ درصد کاهش نسبت به شاهد، کمترین تأثیر معنی‌دار را ایجاد کردند.

کاهش درصد جوانه‌زنی ناشی از مواد دگرآسیب ممکن است به علت اثرات منفی این مواد بر انتقال و حرکت مواد ذخیره‌ای[4] و تولید انرژی در مرحله کاتابولیک[5] جوانه‌زنی باشد. در این ارتباط کوپیدلوسکا و همکاران (Kupidłowska et al., 2006) گزارش کردند که تخریب لیپیدها[6] به وسیله مواد دگرآسیب و در نتیجه عدم تأمین یا تأمین ناکافی کربوهیدرات‌ها[7] و نیز انرژی (ATP)، باعث اختلال در مرحله آنابولیک[8] جوانه‌زنی و در نتیجه کاهش یا شکست جوانه‌زنی می‌شود.

سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی بذر سس نیز تحت تأثیر اندام‌های کرچک قرار گرفت (جدول ۲). غلظت نه درصد عصاره آبی برگ، بیشترین اثر معنی‌دار را بر سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی نشان داد. به طوری‌که سرعت جوانه‌زنی را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد (صفر بذر در روز) کاهش داد. پس از آن غلظت هفت و پنج درصد عصاره آبی برگ به ترتیب با ۶۹/۶ و ۵۷/۲ درصد کاهش، بیشترین اثر معنی‌دار را بر سرعت جوانه‌زنی داشتند. غلظت هفت درصد عصاره آبی ریشه با ۲۹/۹۶ کاهش، کمترین اثر معنی‌دار را بر سرعت جوانه‌زنی ایجاد کرد.

عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر افزایش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند (جدول ۲). غلظت‌های عصاره آبی گیاه کامل، بیشترین افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و غلظت‌های عصاره آبی ریشه، کمترین افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) را بر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند.

4- Reserve mobilization
5- Catabolic phase
6- Degeneration of lipids
7- Insufficient carbohydrate supply
8- Anabolic phase

جدول ۲- اثرات عصاره آبی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه گیاه سس در پتری‌دیش

Table 2- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on studied traits of dodder in Petri dishes

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز) Germination rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)
R-0*	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
R-1	0.34^{l}	$63.33^{cdefghi}$	$3.85^{cdefghij}$	$3.95^{bcdefghi}$
R-2	0.68^{kl}	68.33^{bcdefg}	5.83^{a}	2.81^{j}
R-3	0.68^{kl}	53.33^{hijk}	$3.05^{hijklmn}$	4.18^{bcdefg}
R-4	1.68^{ijk}	$63.33^{cdefghi}$	4.31^{bcdefg}	3.40^{ghij}
R-5	0.01^{l}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.87^{cdefghij}$	$3.90^{cdefghi}$
R-6	3.34^{fgh}	78.33^{ab}	4.61^{bcd}	$3.91^{cdefghi}$
R-7	0.01^{l}	56.67^{fghij}	$3.17^{fghijklmn}$	4.22^{bcdefg}
R-8	2.68^{l}	61.67^{defghi}	$3.94^{cdefghi}$	$3.82^{defghij}$
R-9	1.34^{jkl}	53.33^{hijk}	2.59^{jklmn}	4.71^{bcd}
R-10	4.68^{de}	36.67^{m}	2.44^{klmno}	3.28^{ghij}
S-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
S-1	0.34^{l}	78.33^{ab}	5.31^{ab}	$3.71^{defghij}$
S-2	3.01^{gh}	$65.00^{bcdefgh}$	4.63^{bcd}	3.24^{ghij}
S-3	2.34^{hij}	71.67^{abcde}	4.54^{bcd}	4.24^{bcdefg}
S-4	3.01^{gh}	73.33^{abcde}	4.84^{abc}	3.44^{efghij}
S-5	2.68^{ghi}	60.00^{efghi}	4.42^{bcdef}	3.04^{hij}
S-6	3.34^{fgh}	50.00^{ijkl}	$2.91^{hijklmn}$	$3.99^{bcdefgh}$
S-7	3.34^{fgh}	56.67^{fghij}	$4.20^{bcdefgh}$	2.93^{ij}
S-8	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	$4.02^{bcdefgh}$	3.54^{efghij}
S-9	4.01^{efg}	33.33^{m}	2.13^{mno}	3.53^{efghij}
S-10	3.68^{efgh}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.22^{efghijklm}$	4.15^{bcdefg}
L-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
L-1	1.01^{kl}	61.67^{defghi}	4.71^{abcd}	2.78^{j}
L-2	1.01^{kl}	51.67^{hijkl}	$3.42^{efghijkl}$	3.32^{ghij}
L-3	1.34^{jkl}	55.00^{ghijk}	$3.49^{efghijkl}$	3.52^{efghij}
L-4	1.68^{ijk}	61.67^{defghi}	$3.59^{efghijk}$	$4.07^{bcdefgh}$
L-5	3.68^{efgh}	43.33^{klm}	1.93^{no}	4.64^{bcd}
L-6	3.68^{efgh}	76.67^{abc}	5.30^{ab}	3.08^{hij}
L-7	3.68^{efgh}	40.00^{lm}	1.37^{o}	6.10^{a}
L-8	4.34^{ef}	70.00^{bcdef}	4.43^{bcdef}	3.52^{efghij}
L-9	0.01^{l}	0.00^{n}	0.00^{p}	0.00^{k}
L-10	6.34^{bc}	$65.00^{bcdefgh}$	4.33^{bcdefg}	3.46^{efghij}
T-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
T-1	0.68^{kl}	61.67^{defghi}	$3.83^{cdefghij}$	$3.71^{defghij}$
T-2	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	4.42^{bcdef}	3.32^{ghij}
T-3	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	3.90^{cdeghi}	$4.01^{bcdefgh}$
T-4	2.68^{ghi}	$65.00^{bcdefgh}$	$4.07^{bcdefgh}$	3.53^{efghij}
T-5	4.34^{ef}	45.00^{jklm}	2.47^{klmno}	4.26^{bcdefg}
T-6	7.01^{b}	73.33^{abcde}	$3.76^{cdefghij}$	4.41^{bcdef}
T-7	8.34^{a}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.45^{defghijkl}$	4.47^{bcde}
T-8	6.01^{bc}	75.00^{abcd}	$3.76^{cdefghij}$	4.49^{bcde}
T-9	5.68^{cd}	51.67^{hijkl}	2.29^{lmno}	4.99^{b}
T-10	6.68^{bc}	61.67^{defghi}	2.70^{ijklmn}	4.89^{bc}

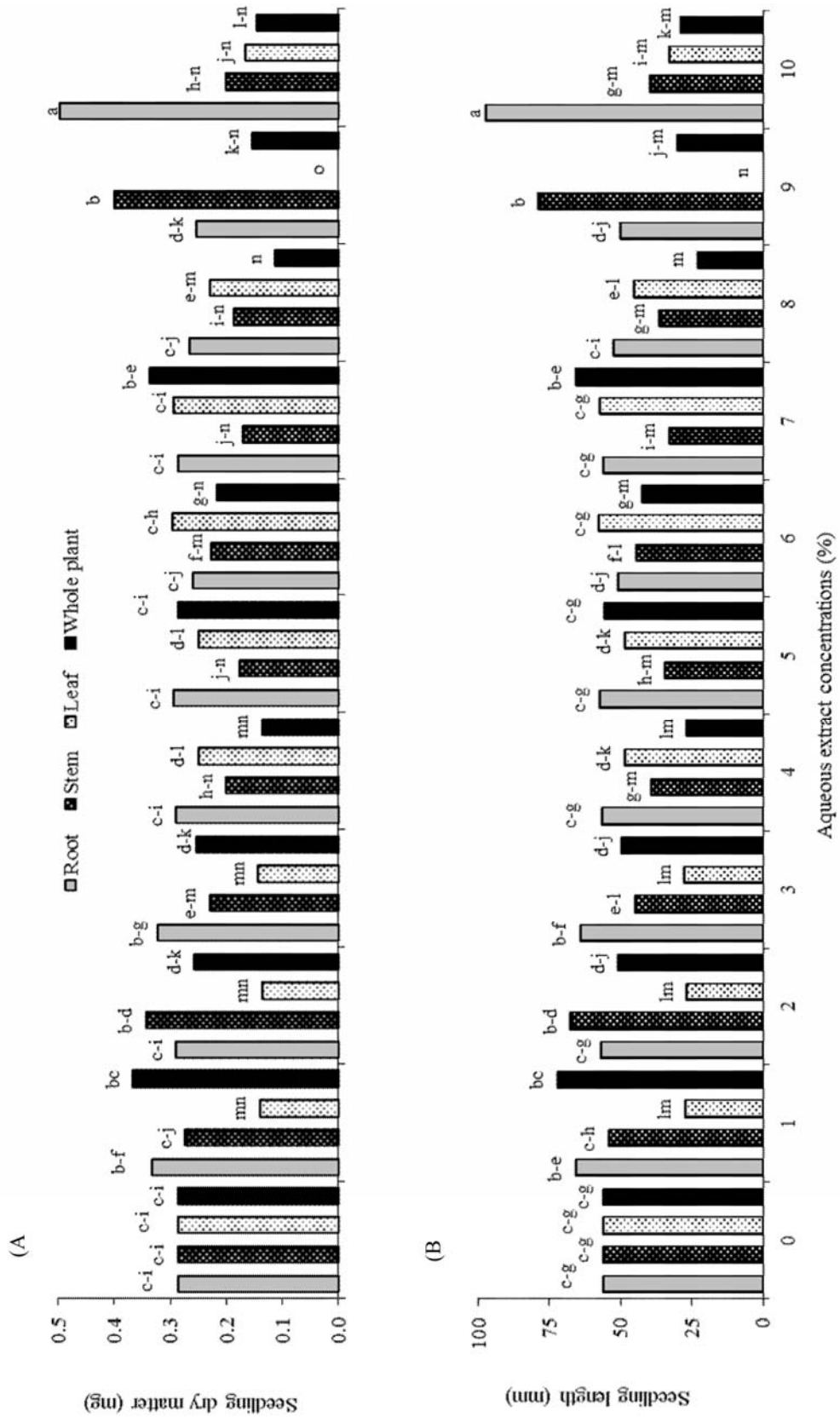
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ده: عصاره‌های آبی در سطح صفر تا ده درصد

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 10%

در بین تیمارهای این آزمایش، غلظت هفت درصد گیاه کامل با ۸۳۴ بیشترین و غلظت چهار درصد ریشه و برگ با ۱۶۸ درصد کمترین افزایش معنی‌دار را نسبت به شاهد ایجاد کردند.



شکل ۱- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در پتری‌دیش B)

Fig. 1- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in Petri dishes (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری را در کاهش وزن خشک گیاهچه‌های سس نشان دادند. در بین غلظت‌های اندام‌های مختلف، غلظت نه درصد عصاره آبی برگ با کاهش ۱۰۰ درصدی در وزن خشک و طول گیاهچه سس، بیشترین اثر معنی‌دار را بر این دو صفت دارا بود (شکل۱: الف و ب). نکته قابل ملاحظه در این مورد آن بود که غلظت نه درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی ریشه منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس نسبت به شاهد شدند. در این ارتباط محسن-زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008)، اثرات معنی‌دار عصاره آبی برگ و میوه کرچک را بر طول ریشه و ساقه‌چه گندم و نیز بر طول محور زیر لپه و بالای لپه لوبیای چشم بلبلی و نیز بر وزن خشک آن‌ها مشاهده کردند. این محققان در همه موارد، اثرات برگ را بیش از اثرات میوه گزارش کردند.

آزمایش دوم: عصاره آبی اندام‌های مختلف کرچک اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن، سرعت سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن سس داشتند (جدول ۳). در بین عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک، عصاره حاصل از ساقه، برگ، گیاه کامل و ریشه به ترتیب بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد سبز شدن این علف‌هرز نشان دادند. علت این امر می‌تواند این باشد که گیاه کرچک در مرحله پر شدن دانه برداشت شد. از آن‌جایی که در این مرحله به علت آن‌که گل‌ها به عنوان یک مقصد[1] قوی‌تر مواد آللوشیمیایی عمل می‌کنند، سبب کاهش غلظت این مواد در اندام ریشه و حرکت بیشتر این مواد به سمت اندام‌های هوایی می‌شوند (Orouji et al., 2008). غلظت ۷/۵ درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی برگ با ۷۴/۰۸ درصد کاهش، بیشترین تأثیر و غلظت ۷/۵ درصد عصاره آبی برگ با ۴۴/۴۵ درصد کاهش، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد سبز شدن بذر سس نسبت به شاهد داشتند.

همچنین تمامی غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر سرعت سبز شدن نشان دادند (جدول ۳). غلظت ده درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی برگ با ۸۵ درصد کاهش در سرعت سبز شدن بیشترین تأثیر و غلظت ۲/۵ درصد گیاه کامل با درصد ۴۹/۸ کاهش بر سرعت سبز شدن، کمترین تأثیر معنی‌دار را نشان دادند.

1- Sink

به جز غلظت ۲/۵ درصد گیاه کامل، اثر سایر تیمارها بر متوسط زمان سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۳). غلظت ده درصد عصاره آبی ساقه با افزایش ۸۸ درصدی در متوسط زمان سبز شدن، بیشترین تأثیر و غلظت پنج درصد عصاره آبی ریشه با افزایش ۳۸/۹ درصدی، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر متوسط زمان سبز شدن نشان دادند. به جز غلظت پنج درصد عصاره آبی گیاه کامل که باعث افزایش ۱۰۱ درصدی در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد شد، در سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت مشاهده نشد (جدول ۳). بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که توانایی مواد دگرآسیب کرچک در کاهش سرعت و نیز افزایش متوسط زمان سبز شدن گیاهچه‌های سس، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش گسترش این علف‌هرز انگل داشته باشد.

غلظت‌های ۲/۵، پنج، ۷/۵ و ده درصد عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری را بر کاهش وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس نشان دادند (شکل۲- الف و ب). در بین تیمارهای آزمایش، غلظت ۲/۵ درصد عصاره آبی گیاه کامل به ترتیب با ۹۹ و ۸۵ درصد کاهش در وزن خشک و طول گیاهچه سس دارای بیشترین تأثیر معنی‌دار بر این صفات بود. محسن‌زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008) نیز گزارش کردند که غلظت ۲/۵ درصد عصاره آبی برگ و میوه کرچک به طور معنی‌داری جوانه‌زنی گندم و لوبیا چشم بلبلی را کاهش داد.

آزمایش سوم: به جز دوره ۹۰ روز پوسیدگی، سایر دوره‌ها اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن سس نشان دادند (جدول ۴). در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر را بر درصد سبز شدن نشان داد. به طوری‌که در دوره‌های صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پوسیدگی درصد سبز شدن را ۹۶/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. اروجی و همکاران (Orouji et al., 2008) به نقل از نیلدا و همکاران (Nilda et al., 2000) بیان کردند که به طور کلی گیاهان دارای بذرهای ریز به دلیل آن‌که در مقایسه با گیاهان بذر درشت نسبت سطح به حجم بیشتری داشته و در نتیجه دارای سطح تماس بیشتری با این مواد هستند، از حساسیت بیشتری نسبت به مواد دگرآسیب برخوردارند.

اندام‌های کرچک در تمامی دوره‌های پوسیدگی سرعت سبز شدن را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۴). بیشترین تأثیر بر سرعت سبز شدن در دوره‌های ۱۵ و ۳۰ روز پوسیدگی برگ مشاهده شد.

جدول ۳- اثر غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه سس در گلدان

Table 3- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on studied traits of dodder in pots

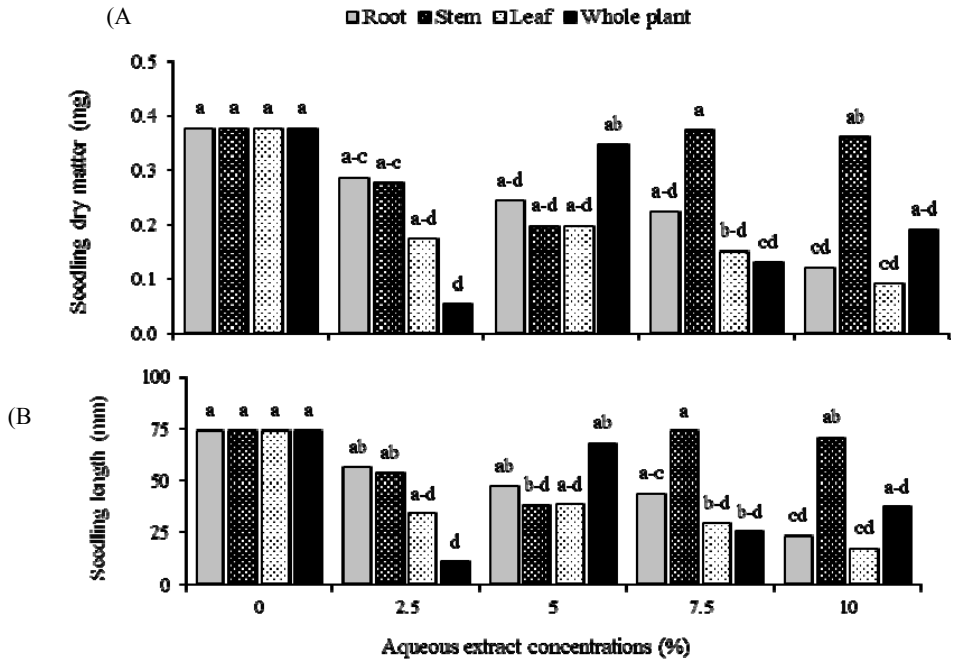
تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعداد گیاهچه در روز) Emergence rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان سبز شدن (روز) Mean emergence time (day)
R-0*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
R-2.5	0.68^{ab}	36.67^{bcd}	0.53^{bcd}	7.15^{ab}
R-5	0.34^{ab}	60.00^{ab}	0.98^{bc}	6.28^{b}
R-7.5	0.01^{b}	40.00^{bcd}	0.64^{bcd}	6.42^{b}
R-10	0.01^{b}	46.67^{bcd}	0.70^{bcd}	6.91^{ab}
S-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
S-2.5	0.01^{b}	26.67^{cd}	0.38^{cd}	7.28^{ab}
S-5	0.68^{ab}	50.00^{bc}	0.69^{bcd}	7.43^{ab}
S-7.5	0.01^{b}	23.33^{cd}	0.38^{cd}	6.33^{b}
S-10	0.34^{ab}	26.67^{cd}	0.32^{d}	8.50^{a}
L-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
L-2.5	0.34^{ab}	40.00^{bcd}	0.61^{bcd}	6.94^{ab}
L-5	0.01^{b}	46.67^{bcd}	0.58^{bcd}	7.96^{ab}
L-7.5	0.01^{b}	50.00^{bc}	0.71^{bcd}	7.33^{ab}
L-10	0.34^{ab}	23.33^{cd}	0.32^{d}	7.67^{ab}
T-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
T-2.5	0.34^{ab}	56.67^{ab}	1.07^{b}	7.35^{ab}
T-5	1.01^{a}	40.00^{bcd}	0.64^{bcd}	6.58^{ab}
T-7.5	0.68^{ab}	60.00^{ab}	0.76^{bcd}	8.25^{ab}
T-10	0.34^{ab}	26.67^{cd}	0.41^{cd}	6.67^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ده: عصاره‌های آبی در سطح صفر تا ده درصد

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 10%



شکل ۲- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در گلدان B)

Fig. 2- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in pots (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

جدول ٤- اثر دوره‌های پوسیدگی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه سس

Table 4- Effect of decay durations of caster bean organs on studied traits of dodder

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعداد گیاهچه در روز) Emergence rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان سبز شدن (روز) Mean emergence time (day)
R-C*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
R-0	0.68^{ab}	40.00^{bcdefg}	0.87^{defg}	4.75^{ab}
R-15	0.34^{ab}	50.00^{bcdef}	1.08^{cd}	4.87^{ab}
R-30	0.34^{ab}	43.33^{bcdef}	0.72^{defgh}	6.38^{ab}
R-45	0.68^{ab}	46.67	0.75^{defgh}	6.54^{ab}
R-60	0.34^{ab}	66.67^{abc}	1.07^{cd}	6.76^{ab}
R-75	0.01^{b}	73.33^{ab}	1.09^{cd}	7.13^{ab}
R-90	0.01^{b}	90.00^{a}	1.46^{bc}	6.67^{ab}
S-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
S-0	1.01^{ab}	33.33^{defgh}	0.95^{defg}	6.22^{ab}
S-15	0.01^{b}	53.33^{abcdef}	1.01^{cd}	5.38^{ab}
S-30	0.01^{b}	23.33^{gh}	0.34^{hij}	4.97^{abc}
S-45	0.68^{ab}	30.00^{defgh}	0.44^{ghi}	7.64^{ab}
S-60	1.68^{a}	26.67^{fgh}	0.32^{ij}	8.42^{a}
S-75	1.34^{a}	46.67^{bcdef}	0.76^{defg}	6.27^{ab}
S-90	0.68^{ab}	60.00^{abcd}	0.89^{defg}	7.22^{ab}
L-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
L-0	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.04^{j}	2.67^{cd}
L-15	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.00^{j}	0.00^{d}
L-30	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.00^{j}	0.00^{d}
L-45	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.04^{j}	3.00^{cd}
L-60	1.34^{a}	43.33^{bcdef}	0.78^{defg}	5.72^{ab}
L-75	0.01^{b}	30.00^{efgh}	0.52^{efghi}	6.27^{ab}
L-90	0.01^{b}	56.67^{abcde}	0.91^{def}	7.71^{ab}
T-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
T-0	1.01^{ab}	40.00^{cdefg}	0.89^{defg}	4.50^{ab}
T-15	0.34^{ab}	53.33^{abcdef}	0.99^{cde}	5.76^{ab}
T-30	0.68^{ab}	30.00^{defgh}	0.5^{fghi}	6.39^{ab}
T-45	0.68^{ab}	20.00^{hi}	0.33^{ij}	4.13^{bc}
T-60	1.01^{ab}	50.00^{bcdef}	0.82^{defg}	7.10^{ab}
T-75	0.68^{ab}	56.67^{abcde}	0.92^{def}	7.37^{ab}
T-90	0.01^{b}	86.67^{a}	1.21^{cd}	7.50^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ۹۰: دوره‌های پوسیدگی، C: تیمار شاهد

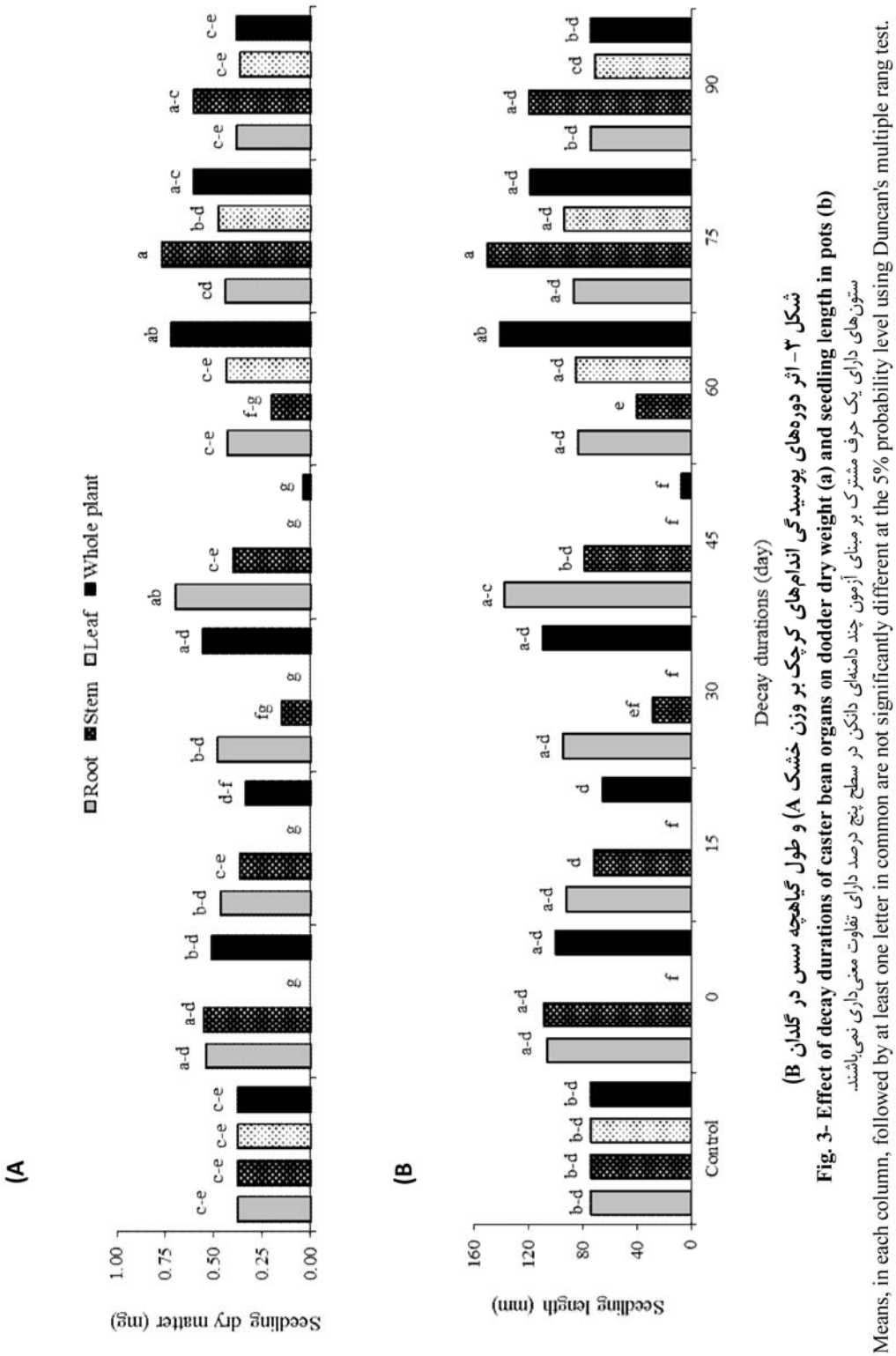
R*: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 90: decay duration, C: control treatment

به طوری‌که سرعت سبز شدن را به صفر بذر در روز (۱۰۰ درصد کاهش نسبت به شاهد) کاهش داد. دوره ۹۰ روز پوسیدگی ریشه با کاهش ۲۸/۸ درصدی سرعت سبز شدن نسبت به شاهد، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر این صفت داشت. کاهش سرعت و درصد سبز شدن ممکن است به علت تخریب لیپیدهای غشا و در نتیجه اختلال در کار کرد غشا صورت بگیرد (Bogatek et al., 2006).

به جز دوره ۶۰ و ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و نیز ۶۰ روز پوسیدگی برگ، در سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال مشاهده نشد. دوره ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و ۶۰ روز پوسیدگی برگ باعث افزایش ۱۳۴ درصدی و دوره ۶۰ روز پوسیدگی ساقه باعث افزایش ۱۶۸ درصدی در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

به جز دوره‌های ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی اندام‌های کرچک، سایر دوره‌ها باعث کاهش وزن خشک و طول گیاهچه سس شدند (شکل ۳- الف و ب). در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر را بر کاهش این دو صفت نشان داد، به طوری‌که در دوره‌های صفر تا ۴۵ روز پوسیدگی، منجر به کاهش ۱۰۰ درصدی این دو صفت شد. در بین تیمارهای آزمایش تیمار ۴۵ روز پوسیدگی ریشه، ۶۰ روز

پوسیدگی گیاه کامل و ۷۵ روز پوسیدگی ساقه اثر تحریک‌کنندگی بـر وزن خشک گیاهچه سس داشتند. همچنین در تیمار ۷۵ روز پوسیدگی ساقه افزایش معنی‌داری در طول گیاهچه سس مشاهده شد.



شکل ۳- اثر دوره‌های پوسیدگی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در گلدان B)

Fig. 3- Effect of decay durations of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in pots (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر منفی عصاره‌های آبی و نیز بقایای پوسیده اندام‌های مختلف کرچک در کاهش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های سس بود. با این وجود، به علت ماهیت ارتباط و اتصال سس با گیاه میزبان، به‌کارگیری دقیق و خاصیت انتخابی مواد دگرآسیب کرچک به گونه‌ای که حداقل آسیب را به سایر گیاهان زراعی وارد کند، باید در راستای کنترل این علف‌هرز انگل در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، موفقیت خاصیت دگرآسیبی کرچک در کنترل سس در ارتباط با روش به‌کارگیری این مواد می‌باشد. با توجه به این‌که کنترل این علف‌هرز انگل تنها به وسیله رهیافت‌های تلفیقی مدیریت علف‌های‌هرز در دراز مدت امکان‌پذیر است، استفاده از توانایی مواد دگرآسیب کرچک در تولید علف‌کش‌های زیستی می‌تواند ضمن کاهش گسترش این علف‌هرز، توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را نیز فراهم کند.

منابع

Aslani, M.R., Maleki, M., Mohri, M., Sharifi, K., Najjar-Nezhad, V., and Afshari, E. 2007. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. Toxicon 49(3): 400-406.

Benvenuti, S., Dinelli, G., Bonetti, A., and Catizone, P. 2005. Germination ecology, emergence and host detection in *Cuscuta campestris*. Weed Research 45: 270-278.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., and Gawroński, S.W. 2006. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biologia Plantarum 50: 156-158.

Deines, L., Rosentreter, R., Eldridge, D., and Serpe, M. 2007. Germination and seedling establishment of two annual grasses on lichen-dominated biological soil crusts. Plant and Soil 295: 23-35.

Doan, L.G. 2004. Ricin: Mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development: A review. Journal of Toxicology-Clinical Toxicology 42(2): 201-208.

Gliessman, S.R. 2001. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture. Springer 380 pp.

Jarchow, M.E., and Cook, B.J. 2009. Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*. Plant Ecology 204: 113-124.

Kupidłowska, E., Gniazdowska, A., Stępień, J., Corbineau, F., Vinel, D., Skoczowski, A., Janeczko, A., and Bogatek, R. 2006. Impact of sunflower (*Helianthus annuus* L.) extracts upon reserve mobilization and energy metabolism in germinating mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. Journal of Chemical Ecology 32: 2569-2583.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cuscuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32: 165-179.

Machado, S. 2007. Allelopathic potential of various plant species on downy brome: Implications for weed control in wheat production. Agronomy Journal 99(1): 127-132.

Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). Seed Science and Technology 34: 339-347.

Mohsenzadeh, S., Mohabatkar, H., and Gholizadeh, M. 2008. Aquatic extract effects of castor bean leaf and fruit on germination and seedling growth and propagation of bacteria and fungi. Pajouhesh and Sazandegi 78: 30-33. (In Persian with English Summary)

Morris, C., Grossl, P.R., and Call, C.A. 2009. Elemental allelopathy: processes, progress and pitfalls. Plant Ecology 202: 1-11.

Nadler-Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* to herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341-347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25: 51-72.

Nilda, R., and Talbert, E. 2000. Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. Weed Science 48: 302-310.

Orouji, K., Khazaei, H.R., Rashed Mohasel, M.H., Ghorbani, R., and Azizi, M. 2008. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and initial growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and common lambsquarter (*Chenopodium album*). Journal of Plant Protection 22: 119-128. (In Persian with English Summary)

Rashed Mohasel, M.H., Najafi, A., and Akbarzadeh, M.D. 2002. Weed Biology and Control. (first ed.). Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Roohi, A., Tajbakhsh, M., Saeidi, M.R., and Nikzad, P. 2010. Study the allelopathic effects of walnut (*Juglans regia*), water leaf extract on germination characteristics of wheat (*Triticum aestivum*), onion (*Allium cepa*) and lactuca (*Lactuca sativa*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 457-464. (In Persian with English Summary)

Upasani, S.M., Kotkar, H.M., Mendki, P.S., and Maheshwari, V.L. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. Pest Management Science 59: 1349-1354.

Wallace, J. 2001. Organic field crop handbook. 2nd Ed. Canadian organic Growers Inc., Ottawa, Canada.

Xuan, T.D., Shinkichi, T., Khanh, T.D., and Chung, I.M. 2005. Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: An overview. Crop Protection 24: 197-206.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 168-178

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۷۸-۱۶۸

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)

علیرضا کوچکی[۱*]، عقیل روحی[۲] و فرانک نوربخش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر خصوصیات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از ارقام مختلف کلزای پاییزه (اکاپی، زرفام و مودنا) و کود بیولوژیک در چهار سطح (نیتروکسین، باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات و شاهد). صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن کلزا بود. نتایج نشان داد که در تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن هزار دانه بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت. تیمارهای مختلف کودی نیز بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشتند. رقم مودنا بالاترین صفات کمی و عملکرد روغن را داشت. همچنین در تیمار ترکیب باکتری حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین بالاترین صفات کمی و درصد روغن حاصل شد. در تمام صفات اندازه‌گیری شده اثرات متقابل تیمار کودی و رقم معنی‌دار نبود. به طورکلی، نتایج به دست آمده از این آزمایش بر مؤثر بودن استفاده از کودهای زیستی برای دستیابی به عملکرد بالا دلالت دارد.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین

مقدمه

کلزا یا کانولا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از گیاهان زراعی خانواده کلم می‌باشد. این گیاه روغنی پس از سویا (*Glycine max* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) سومین منبع تولید روغن نباتی جهان به شمار می‌رود (Hezbavi & Minaei, 2008; Shamsaddin Saied & Farahbakhsh, 2008). دانه کلزا حاوی ۲۵ تا ۵۵ درصد روغن، ۱۸ تا ۲۴ درصد پروتئین و ۱۲ تا ۲۰ درصد پوسته است (Khajepoor, 1998). به دلیل وابستگی کشور به روغن خوراکی وارداتی، سیاست وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های اخیر توسعه کشت گیاهان روغنی از جمله کلزا می‌باشد (Hezbavi & Minaei, 2008). سطح زیر کشت کلزا در ایران در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ حدود ۹۳۰۰۰ هکتار با تولید ۱۹۰۰۰۰ تن است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2013). بنابراین، تلاش برای افزایش عملکرد این محصول ضروری به نظر می‌رسد.

رشد و عملکرد گیاه تابع ظرفیت ژنتیکی آن و عوامل محیطی از جمله دما، رطوبت، تابش انرژی، ساختمان و تخلخل خاک، واکنش خاک، عوامل زیستی، تأمین عناصر غذایی و نبود عوامل محدودکننده رشد است (Koocheki & Khajehosseini, 2008).

کودهای بیولوژیک حاوی جمعیتی متراکم از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌رود (Sharma, 2002). از جمله کودهای بیولوژیک می‌توان به میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اشاره کرد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل بهبود خصوصیات رشدی گیاهان در شرایط همزیستی با مایکوریزا را به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات که عمدتاً شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند، با تولید اسیدهای آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول نظیر سنگ فسفات می‌شوند. همچنین بسیاری از آن‌ها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی نیز می‌گردند (Khan et al., 2007). افراسیابی و همکاران با آزمایشی روی یونجه (*medicago sativa* L.) نشان دادند که بهترین عملکرد کمی و کیفی از کاربرد کود بیولوژیک فسفر بارور ۲ حاصل شد (Afrasiabi et al., 2011). *آزوسپیریلوم و ازتوباکتر* نیز جزء باکتری‌های آزادزی هستند که تقریباً در همه جای کره زمین یافت می‌شود (Emtiazi et al., 2004). تحقیقات زیادی نشان داده است که این دو جنس قادر به تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی هستند (Bashan et al., 2006; Tahmasbi et al., 2011). شوقی کلخوران و همکاران (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) بیان کردند که تلقیح بذرها با نیتروکسین موجب بهبود اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک، درصد پروتئین و روغن و بهبود کیفیت روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در مقایسه با تیمار شاهد شد.

هدف از این پژوهش بررسی اثرات کودهای بیولوژیک نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات و همچنین تغذیه تلفیقی این کودها بر خصوصیات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ده کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. متوسط بارندگی منطقه، ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش در زمینی به مساحت تقریبی ۴۵۰ مترمربع به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور ارقام کلزا شامل سه رقم اوکاپی، زرفام و مودنا و فاکتور تیمارهای کودی در چهار سطح شامل کود بیولوژیک نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali*)، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، مخلوط کود بیولوژیک نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تیمار شاهد (بدون کود) بود. قبل از انجام آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه به صورت تصادفی نمونه‌گیری و به منظور تعیین عناصر پرمصرف، اسیدیته، هدایت الکتریکی و ماده آلی، در آزمایشگاه آب و خاک تجزیه شد. پس از پیاده کردن نقشه طرح کرت‌هایی با ابعاد ۲×۳ متر ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. در ابتدای هر بلوک به منظور آبیاری یک نهر توسط نهرکن ایجاد شد و در پاییز و زمستان در سه نوبت و در بهار هر هفته به صورت سیفونی انجام شد. میزان بارندگی نیز در طی فصل رشد ۲۶۰ میلی‌متر بود. کشت به صورت دو ردیف و در دو طرف پشته صورت گرفت. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذرهای هر سه رقم کلزا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. کود بیولوژیک نیتروکسین که حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سویه‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali* می‌باشد و در هر میلی‌لیتر آن تعداد 10^8 سلول زنده وجود داشت به روش اختلاط با بذر استفاده شد و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه به مدت سه ساعت، مورد کشت قرار گرفت. باکتری‌های حل‌کننده فسفات که قادر به ترشح مقدار زیادی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز هستند و به این وسیله فسفر را از ترکیبات معدنی و آلی آزاد می‌کنند نیز به صورت تلقیح با بذر در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین از کود فسفاته زیستی با نام تجاری بارور ۲ استفاده شد.

این کود حاوی باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات (*Bacillus lentus* strain P_5 و *Pseudomonas putida* strain P_{13}) می‌باشد که با استفاده از دو ساز و کار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث حل ترکیبات فسفر نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (Afrasiabi et al., 2011). بذرها بدون در نظر گرفتن تراکم مطلوب در ۱۵ مهر کشت شد، ولی در مرحله دو تا چهار برگی با توجه به تراکم مطلوب عملیات تنک انجام شد. بر اساس یافته‌های پژوهشگران وجود ۸۰-۷۰ بوته در مترمربع برای ارقام پاییزه یک تراکم مطلوب می‌باشد که در کمتر از این مقدار پوشش گیاهی مناسبی ایجاد نمی‌شود و در نتیجه در معرض بیشتر آفات و علف‌های-هرز قرار می‌گیرد و در بیشتر از این تراکم احتمال وقوع خوابیدگی وجود دارد (Makay et al., 1992). به دلیل کاهش اثرات ناشی از آبشویی کودها، انتهای کرت‌ها بسته شد. جهت یکنواختی در سبز شدن پس از کاشت دو آبیاری متوالی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil (0-30 cm) before planting

بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available potassium (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
سیلت- لومی Silty-loam	0.07	9	124	3.34	7.4	0.06

کنترل علف‌های‌هرز از طریق وجین دستی در دو مرحله و در بهار انجام شد. در پایان فصل رشد جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از حذف حاشیه‌ها (۵۰ سانتی‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و یک ردیف از هر طرف کرت) برداشت از دو مترمربع هر کرت صورت گرفت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت تعیین ارتفاع و تعداد خورجین در بوته سه بوته از سطح نمونه‌برداری به طور تصادفی انتخاب شد. وزن هزار دانه نیز به وسیله دستگاه بذرشمار آزمایشگاه گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی تعیین شد. برای تعیین درصد روغن دانه مقدار سه گرم بذر آسیاب و مقدار روغن با استفاده از دستگاه سوکسله در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تعیین شد. عملکرد روغن در هکتار از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ای آماری با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ارتفاع گیاه در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) متفاوت بود. بیشترین ارتفاع کلزا مربوط به رقم مودنا با میانگین ۱۱۸/۷۴ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع مربوط به رقم زرفام با میانگین ۹۴/۱۳ بود (جدول ۳). قوشچی و همکاران (Ghoshchi et al., 2010) نشان دادند که رقم تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع کلزا داشت. طباطبایی و همکاران (Tabatabai et al., 2012) نیز بیان کردند که ارتفاع کلزا تحت تأثیر رقم قرار گرفت؛ به طوری‌که رقم اکاپی به دلیل زودرس بودن شرایط محیطی مناسب‌تری داشت و همین موضوع منجر به افزایش ارتفاع آن شد. گزارشات دیگری نیز مؤید تفاوت ارتفاع در ارقام مختلف کلزا است (Omidi et al., 2002; Mostafavi Rad et al., 2011). ارتفاع بلندتر گیاه در اثر داشتن محور گل‌آذین بلندتر یا به عبارتی داشتن تعداد بالقوه بیشترین گل و غلاف روی گل‌آذین ساقه است. ریزش برگ‌ها در مرحله پرشدن غلاف‌ها نیز باعث می‌شود که فتوسنتز گیاه منحصراً توسط غلاف و ساقه‌ها انجام شود. بنابراین، داشتن ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتزکننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر برای پر کردن غلاف‌ها و دانه‌ها می‌باشد (Chapman et al., 1984; Norton et al., 1991). ارتفاع تحت تأثیر معنی‌دار کودهای بیولوژیک قرار گرفت (جدول ۲). به طوری‌که بیشترین ارتفاع در اثر تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین+ باکتری‌های حل‌کننده فسفات با میانگین ۱۱۹/۵۱ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در اثر تیمار شاهد با میانگین ۹۴/۰۷ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، تفاوت معنی‌داری بین تأثیر تیمار نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات مشاهده نشد. به طور کلی، در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه، از طریق افزایش طول میان‌گره‌ها ارتفاع گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sarmadnia & Koocheki, 2004). همچنین ارتفاع کلزا با تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

تعداد خورجین در بوته: تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر ارقام مختلف کلزا قرار گرفت (جدول ۲) ($p\leq۰/۰۱$). رقم مودنا با میانگین ۱۰۹/۲۷ خورجین بیشترین و رقم زرفام با میانگین ۷۸/۱۹ خورجین کمترین تعداد خورجین را داشت (جدول۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در سه رقم کلزای پاییزه تحت تأثیر کودهای زیستی مختلف

Table 2- The results of analysis of variance (mean squares) measured characteristics in three cultivar winter canola under different biofertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Replication	2	141.12	30.95	0.334	653402	21077	0.0005	28.23	40013
رقم Cultivar	2	1836.93**	2929.06**	0.046	7333169**	8286944**	0.0532**	35.63*	1012368**
کود Biofertilizer	3	975.10**	956.87**	0.097	925025*	293488**	0.0008	46.93**	111647**
رقم× کود Cultivar× biofertilizer	6	52.49	60.31	0.084	511447	47500	0.0010	3.52	9221
خطا Error	22	35.42	44.08	0.109	354917	29529	0.0009	6.58	11556
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.55	7.15	9.25	6.43	5.66	9.56	8.9	12.14

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

طهماسبی سروستانی و مصطفوی‌راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012) نیز بیان کردند که رقم مودنا بیشترین تعداد خورجین در بوته را در بین ارقام مورد مطالعه به خود اختصاص داد. همچنین امیدی و همکاران (Omidi et al., 2002) و عطایی و همکاران (Ataei et al., 2006) در مطالعه بر روی ارقام کلزا گزارش کردند که اثر رقم بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود. تأثیر تیمارهای کودی نیز بر تعداد خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری‌که تیمار نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با میانگین ۱۰۴/۸۱ بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۷۹/۸۱ کمترین تعداد خورجین در بوته را نشان داد. مسعود و همکاران (Masood et al., 2003) نشان دادند که استفاده از کودهای بیولوژیک در کلزا موجب افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد. احتمالاً کود نیتروکسین از طریق مکانیزم‌های تولید هورمون و تثبیت زیستی نیتروژن به رشد بهتر گیاه در مرحله غلاف‌بندی کمک کرده و در نتیجه کارآیی گیاهان تحت تیمار را در استفاده از منابع محیطی افزایش داده است که منجر به افزایش تعداد خورجین شده است. نتایج حاصل با گزارش سعیدی و صدقی (Saiedi & sedghi, 2008) نیز مطابقت دارد. تعداد خورجین در بوته نیز با تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه کلزا با توجه به رقم بین ۷-۳ گرم متغیر است (Alizadeh et al., 2006). جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت وزن هزار دانه در ارقام مختلف کلزا معنی‌دار نبود. با این وجود بیشترین و کمترین میانگین وزن هزار دانه به ترتیب در رقم اکاپی (۳/۶۲ گرم) و زرفام (۳/۵ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، تحقیقات دیگری نشان داد که اثر رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار است (Ataei et al., 2006; Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012; Omidi et al., 2002). تیمارهای مختلف کودی نیز بر وزن هزار دانه کلزا تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). تالشی و اصولی (Taleshi & Osoli, 2011) نیز نشان دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر وزن هزار دانه دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که تیمارهای کودی در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد خورجین شده‌اند، ولی در مرحله پر شدن دانه تأثیری بر وزن دانه نداشته‌اند.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین تأثیر ارقام مختلف کلزا و کودهای زیستی مختلف بر خصوصیات کمی و درصد روغن کلزا

Table 3- Results of average comparison effect of different biofertilizers quantitative properties and seed oil contents of three cultivars of canola

	تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد خورجین در بوته Number of pod in plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت HI	درصد روغن (درصد) Oil percentage (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
رقم Cultivar	اکاپی Okapi	108.66^{b*}	90.96^{b}	3.627^{a}	8823^{b}	3095^{b}	0.34^{b}	28.4^{b}	884^{b}
	زرفام Zarfam	94.13^{c}	78.19^{c}	3.509^{a}	8702^{b}	2170^{c}	0.25^{c}	27.2^{b}	594^{c}
	مودنا Modena	118.74^{a}	109.27^{a}	3.601^{a}	10153^{a}	3828^{a}	0.37^{a}	30.6^{a}	1175^{a}
کود بیولوژیک Biofertilizers	نیتروکسین Nitroxin	106.96^{b}	91.66^{b}	3.495^{a}	9466^{ab}	3021^{b}	0.31^{a}	28.58^{a}	867^{b}
	باکتری حل‌کننده فسفات Phosphate solubilizing bacteria	108.18^{b}	94.95^{b}	3.545^{a}	9086^{ab}	3010^{b}	0.32^{a}	30.75^{a}	936^{ab}
	نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات Nitroxin+ phosphate solubilizing bacteria	119.51^{a}	104.81^{a}	3.546^{a}	9585^{a}	3266^{a}	0.33^{a}	30.2^{a}	998^{a}
	شاهد Control	94.07^{c}	79.81^{c}	3.731^{a}	8900^{b}	2826^{c}	0.31^{a}	25.66^{b}	738^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* means with same letters have not significant differences in each column and for each factor based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ارقام مختلف کلزا تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت (جدول ۲). به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۱۰۱۵۳ کیلوگرم در هکتار و رقم زرفام با میانگین ۸۷۰۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر تیمارهای کودی نیز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در اثر تیمارهای نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات و شاهد به ترتیب به میزان ۹۵۸۵ و ۸۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). مرادی تلاوت و همکاران (Moradi Telavat et al., 2008) در آزمایشی بر روی کلزا نشان دادند که فراهمی نیتروژن در خاک باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن کلزا می‌شود. هنری و همکاران (Henri et al., 2008) نیز اظهار داشتند که جنس‌های *Pseudomonas* علاوه بر افزایش قابلیت جذب فسفات نامحلول خاک، از طریق ترشح هورمون و فاکتورهای تحریک‌کننده رشد گیاه نیز روی رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارند. رامانجانلو و همکاران (Ramanjaneyulu et al., 2010) نیز بیان کردند که کاربرد *ازتوباکتر* به همراه باکتری حل‌کننده فسفات باعث افزایش وزن خشک علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) شد. هگازی و همکاران (Hegazi et al., 1983) افزایش معنی‌دار تجمع ماده خشک در ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با *آزوسپریلوم* را گزارش کردند. آن‌ها این اثر را به افزایش سطح و گسترش ریشه گیاه در اثر تلقیح با این کود بیولوژیک و همچنین تأثیرات هورمونی *آزوسپریلوم* بر رشد و توسعه اندام‌های هوایی نسبت دادند. به نظر می‌رسد که تأمین شرایط جدید برای ریزوسفر به کمک تغییر اسیدیته ناشی از اثرات باکتری‌های به‌کار برده شده، نه تنها شرایط تأمین فسفر قابل جذب را بهبود بخشیده است، بلکه به نظر می‌رسد که قابلیت تنظیم‌کنندگی رشد و تأمین همزمان برخی از عناصر محدودکننده میکرو را نیز برای گیاه در برداشته است. عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

عملکرد دانه: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری (p≤۰/۰۱) متفاوت است. به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۳۸۲۸ کیلوگرم در هکتار و رقم زرفام با میانگین ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). اکبری و همکاران (Akbari et al., 2010) بیان کردند که بین ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این اختلاف را به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام نسبت دادند. از آن‌جا که اثرات متقابل رقم در کود نیز معنی‌دار نشد، شاید بتوان گفت که تفاوت عملکرد ارقام مختلف کلزا علت ژنتیکی دارد. جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشته است، به طوری‌که اثر تیمار کود نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با میانگین ۳۲۶۶ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد با میانگین ۲۸۲۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را نشان داد. اجزای تعیین‌کننده عملکرد کلزا شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه می‌باشد (Ali et al., 2003). بنابراین، از آن‌جا که وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نداشت، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد تیمار تلفیقی ناشی از افزایش تعداد خورجین در بوته‌های این تیمار است. تایلور و همکاران (Taylor et al., 1991) در مطالعه‌ای مشابه در کلزا نشان دادند که مصرف نیتروژن در هر دو سال زراعی از طریق افزایش تعداد خورجین در واحد سطح، عملکرد دانه را افزایش داد. از طرفی کندی و همکاران (Kennedy et al., 2004) و آنتونس و همکاران (Antunes et al., 2005) گزارش کردند که سرعت فتوسنتز در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن افزایش می‌یابد که این می‌تواند به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی توسط این میکروارگانیسم‌ها باشد که باعث افزایش رشد در گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد شده است. به طور کلی، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* موجب تولید هورمون‌های گیاهی همچون اکسین و ژیبرلین می‌شوند (Bashan & Holguin, 1997). همچنین یکی از مکانیزم‌های احتمالی این است که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر در دسترس برای باکتری هم‌زیست، باعث افزایش تثبیت نیتروژن در گره‌های ریشه‌ای و در نتیجه افزایش رشد گیاه و به خصوص بخش هوایی آن شده است، زیرا برای تثبیت نیتروژن، انرژی فراوانی مورد نیاز است که با وجود فسفر کافی و ATP فراوان تأمین می‌شود (Olivera et al., 2002). از طرفی افزایش عملکرد بیولوژیک سبب ایجاد سطح فتوسنتزکننده زیادتر شده و در نتیجه تولید مواد پرورده بیشتر، باعث افزایش عملکرد

دانه شده است. بنابراین، می‌توان گفت کاربرد توأم باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین نسبت به تیمار کاربرد جداگانه این میکروارگانیسم‌ها یک اثر هم‌افزایی مثبت داشته و منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شده است. آزمایشات دیگری روی غلات و سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) (Dubey & Billore, 1992)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Singh & Kapoor, 1998)، برنج (Taleshi & Osoli, 2011)، لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) (Bozorgi et al., 2011) و آفتابگردان (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) انجام شد که همگی حاکی از افزایش عملکرد این محصولات، با کاربرد میکروارگانیسم‌ها حل‌کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. با این‌وجود، تالشی و اصولی (Taleshi & Osouli, 2011) بیان کردند که به علت شرایط محیطی کودهای بیولوژیک فسفر بر عملکرد برنج تأثیر معنی‌داری نداشتند. همبستگی عملکرد دانه نیز با شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن مثبت بود (جدول ۴).

شاخص برداشت: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود شاخص برداشت در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) متفاوت بود (جدول ۲)؛ به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۳۷ درصد و رقم زرفام با میانگین ۲۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۳). خان و همکاران (Khan et al., 2007) بیان کردند که فراهمی زیستی فسفر قابل جذب در خاک به نوع گیاه، شرایط و سطح تغذیه‌ای و فلور میکروبی خاک بستگی دارد. بنابراین، از آن‌جا که شرایط تغذیه‌ای و فلور میکروبی خاک برای ارقام مختلف یکسان در نظر گرفته شد، تفاوت در شاخص برداشت نیز می‌تواند گواهی بر اختلاف ژنتیکی ارقام مختلف باشد. محققین دیگری نیز دریافتند که بین ارقام مختلف کلزا تفاوت آماری معنی‌داری از نظر شاخص برداشت وجود دارد و ارقامی که عملکرد دانه بیشتری داشتند از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند (Chango & Mc Vetty, 2001). تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲). از آن‌جا که این شاخص بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد دانه و عملکرد کل ماده خشک می‌باشد، لذا تغییرات این دو پارامتر، تأثیر عمده‌ای بر شاخص برداشت دارند. شوقی کلخوران و همکاران (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) بیان کردند که کودهای زیستی تأثیری بر شاخص برداشت آفتابگردان نداشت. مجیدیان (Majidian, 2008) نیز نشان داد که شاخص برداشت عملاً ثابت است، زیرا همان‌طور که سیستم‌های مختلف حاصلخیزی و کودهای زیستی روی عملکرد دانه تأثیرگذارند، عملکرد بیولوژیک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین، می‌توان بیان داشت که کودهای زیستی با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تقریباً به یک میزان شده‌اند، اما مرادی تلاوت و همکاران (Moradi Telavat et al., 2008) گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود شیمیایی نیتروژن عملکرد دانه کلزا افزایش یافت، اما شاخص برداشت کاهش یافت. همچنین شاخص برداشت با درصد روغن و عملکرد روغن دارای همبستگی مثبت بود (جدول ۴).

درصد روغن: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود درصد روغن در ارقام مختلف کلزا معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود، به طوری‌که بیشترین درصد روغن مربوط به رقم مودنا با میانگین ۳۰/۶ درصد و کمترین درصد روغن مربوط به رقم زرفام با میانگین ۲۷/۲ درصد مشاهده شد (جدول ۳). طهماسبی سروستانی و مصطفوی‌راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012) نیز بیان کردند که رقم مودنا بیشترین درصد روغن را در بین ارقام مورد مطالعه داشت. ماسون و برنان (Mason & Brennan, 1998) گزارش کردند که تأخیر در رسیدگی دانه‌ها باعث افزایش درصد روغن می‌شود. بنابراین، شاید بتوان تفاوت در درصد روغن ارقام مختلف را به تفاوت در طول دوره رشدی آن‌ها نسبت داد. تیمارهای مختلف کودی نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بر درصد روغن داشتند (جدول ۲). به طوری‌که بیشترین درصد روغن در تیمارهای کاربرد کود بیولوژیک به خصوص تیمار نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات (به میزان ۳۰/۷۵ درصد) و کمترین درصد روغن در تیمار شاهد (به میزان ۲۵/۶۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، بین تیمارهای مختلف کاربرد کود بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بایکر و سویر (Barker & Sowyer, 2005) نیز نشان دادند که کودهای آلی درصد روغن کلزا را افزایش دادند. محققین دیگری نیز با تحقیق روی آفتابگردان بیان نمودند که کاربرد کودهای زیستی باکتریایی به طور معنی‌داری درصد روغن را افزایش داد (Shoghi Kalkhoran et al., 2012). درصد روغن با عملکرد روغن در سطح یک درصد همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین برخی صفات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه

Table 4- Correlation coefficients between some quantitative characters and oil content of three cultivars of winter rapeseed

	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)								
تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	0.821 **							
وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	- 0.103	- 0.051						
عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	0.569**	0.748**	0.106					
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	0.775**	0.805**	0.104	0.647**				
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	0.665**	0.606**	0.092	0.282	0.912**			
محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	0.582**	0.610**	0.246	0.575**	0.482**	0.296**		
عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	0.799**	0.835**	0.193	0.717**	0.929**	0.782**	0.762**	

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد را نشان می‌دهد.

** and *: show significant at 1% and 5% probability level Respectively.

عملکرد روغن: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر ارقام مختلف بر عملکرد روغن کلزا معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود، به طوری‌که رقم مودنا با ۱۱۷۵ کیلوگرم روغن در هکتار و رقم زرفام با ۵۹۴ کیلوگرم در هکتار روغن به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۳). با توجه به این‌که عملکرد روغن حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه است و از آن‌جا که رقم مودنا درصد روغن و عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۳)، بنابراین عملکرد بالاتر روغن در رقم مودنا نسبت به سایر ارقام قابل توجیه است. تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد روغن نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). کود نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با عملکرد روغن ۹۹۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار شاهد با عملکرد روغن ۷۳۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد روغن را داشت (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

در این بررسی کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین به صورت توأم و یا جداگانه باعث افزایش زیست‌توده کل گیاه، اجزای عملکرد (به جز وزن هزار دانه) و در نتیجه عملکرد دانه و روغن کلزا شد. کاربرد توأم کودهای زیستی صفات مطلوب‌تری را نشان داد که احتمالاً به دلیل وجود یک هم افزایی مثبت بین میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین در این آزمایش می‌باشد. بنابراین، با توجه به هزینه بالای کودهای شیمیایی و خطرات زیستی محیطی ناشی از مصرف زیاد این کودها استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین به خصوص کاربرد توأم آن‌ها گزینه مناسبی به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهه طرح ۲۰۳۶۲/۲ (تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۱۴) معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, A.M. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*, cv. Robinson. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 4: 43-54. (In Persian with English Summary)

Akbari, G., IranNejad, H., Hosseinzadeh, K., Zand, E., Hejazi, A.A., and Bayat, A.A. 2010. Effect of wild mustard weed interference on growth parameters and yield of rapeseed. Iranian Journal of Field Crops Research 41: 329-343. (In Persian with English Summary)

Ali, N., Javidfar, F., Jafarieh Yazdi, E., and Mirza, M.Y. 2003. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany 35: 167-174

Alizadeh, N., Babay Ahari, A., Asadi, Y., Valizadeh, M., and Pasban Eslam, B. 2006. Effect of *Sclerotina* stem rot on the quantity and quality of the oil. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3: 485-494. (In Persian with English Summary)

Antunes, P.M., Deaville, D., and Goss, M.J. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobiumjaponicum* and soybean. Mycorrhiza 16: 167-173.

Ataei, M., Shiranirad, A.H., and Khoorkami, M. 2006. Assessment of some quantitative traits and response of winter rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in water deficient conditions. Proceedings of the 9th Iranian Crop Sciences Congress, 27-29 August 2006, Tehran, Iran 541 pp. (In Persian)

Barker, W.B., and Sowyer, J.E. 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. Agronomy Journal 97: 615-619.

Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121

Bashan, Y., Holguin, G., and De-Bashan, L. 2006. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology 50: 521-577.

Bozorgi, H.R., Azarpour, E., and Moradi, M. 2011. The effect of bio- mineral nitrogen fertilization and foliar zinc spraying on yield and yield components of faba bean. World Apply Science Journal 13: 1409-1414.

Chango, G., and Mc Vetty, P.B.E. 2001. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape. Canadian Journal Plant Science 81: 1-6.

Chapman, J.F., Daniel, R.W., and Scarisbrick, D.H. 1984. Field studies on ^{14}C assimilation fixation and movement in oilseed rape (*B. napus*). Journal of Agricultural Science, Cambridge 102: 23-31.

Dubey, S.K., and Billore, S.D. 1992. Phosphate solubilizing microorganism as inoculants and their role in augmenting crop productivity in India: a review. Crop Research Hisar 5: 1-11.

Emtiazi, G., Naderi, A., and Etemadifar, Z. 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. Food Science 26: 56-58.

Ghoshchi, F., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G., and Hadi, H. 2010. Changes in yield and yield components of rapeseed under optimum and limited irrigation. Agricultural Research 2: 15-35.

Hegazi, N.A., Monib, M., Amer, H.A., and Shoker, E. 1983. Response of maize plants to inoculation with *Azospirilla* and (or) straw amendment in Egypt. Canadian Journal of Microbiology 29: 888-894.

Henri, F., Laurette, N.N., Annette, D., John, Q., Wolfgang, M., François-Xavier, E., and Dieudonné, N. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. African Journal of Microbiology Research 2: 171-178.

Hezbavi, E., and Minaei, S. 2008. Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Food Science and Technology Research Journal 5: 21-28. (In Persian with English Summary)

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.

Khajepoor, M.R. 1998. Industrial Crops Production. Jihad-e-Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran p. 210-228. (In Persian)

Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture-a review. Agronomy for sustainable development. Agronomy Sustain 27: 29-43.

Koocheki, A., and Khajehosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Publication of Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran p. 147-168. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Majidian, M. 2008. Effects of nitrogen fertilizer, manure, and water stress in agro systems during different growth stages on quantitative and qualitative agronomic characteristics of corn (*Zea mays* L.). PhD Thesis in Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University. (In Persian with English Summary)

Makay, K.R., Schneiter, A.A., Johnson, B.L., Hanson, B.K., and Schatz, B.G. 1992. Influence of planting date on canola and crambe production. North Dakota Farm Research 49: 23-26.

Mason, M.G., and Brennan, R.F. 1998. Comparison of growth response and nitrogen uptake by canola and wheat following application of nitrogen fertilizer. Journal of Plant Nutrition 21: 1483-1499.

Masood, M., Shamsi, I.H., and Khan, N. 2003. Impact of row spacing and fertilizer levels (Diammonium phosphate) on yield and yield components of canola. Asian Journal of Plant Sciences 2(6): 454-456.

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2013. Available at Web site http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52 (verified 12 march 2013)

Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Nadian, H., and Fathi, G. 2008. Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz, Iran. International Journal of Agricultural Research 3: 415-422.

Mostafavi Rad, M., Tahmasbi Sarvestani, Z., Modares Sanavi, S.A.M., and Ghalavand, A. 2011. Effect of nitrogen sources on seed yield, fatty acids composition and micro nutrients content in high yielding rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. Seed and Plant Improvement Journal 26: 387-401. (In Persian with English Summary)

Norton, G., Bilsborrow, P.E., and Shipway, P.A. 1991.Comparative physiology of divergent types of winter

rapeseed. Organizing Committee, Saskatoon p. 578-582.

Olivera, M., Iribarne, C., and Lluch, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N_2 fixation by bean (*Phaseolus vulgaris*). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain 102: 157-160

Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Salehi, A., and Fasihi, K.H. 2002. Evaluation and comparison of yield and yield components of rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in cold regions. Proceedings of the 7th Iranian Crop Sciences Congress, 24-26th August 2002, Karaj, Iran p. 55. (In Persian)

Ramanjaneyulu, A.V., Giri, G., and Kumar, S.R. 2010. Biofertilizers, nitrogen and phosphorus on yield and nutrient economy in forage sorghum affected by nutrient management in preceding mustard. Bio-Resource Management 2: 66-68.

Saiedi, G., and Sedghi, A. 2008. Effect of some macro and micro-nutrients on seed yield and other agronomic traits of two cultivars of rapeseed oil in Isfahan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 45: 77-88. (In Persian)

Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 2004. Phisiology of Crop plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication. Mashhad, Iran p. 223-267. (In Persian)

Shamsaddin Saied, M., and Farahbakhsh, H. 2008. Qualitative and quantitative characteristics of canola under salty conditions for identifying resistance index. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 43: 65-78.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, Jodhpur, India p. 194-232.

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effects of Biofertilizer and green manure (winter wheat) in combination with integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences 3: 35-52. (In Persian with English Summary)

Singh, S., and Kapoor, K.K. 1998. Inoculation with phosphate solubilizing microorganism and a vesicular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat growth in a sandy soil. Biology and Fertility of Soil 28: 139-144.

Tabatabai, S.A., Ghasemi, A., and Shakeri, E. 2012. Effects of water stress on yield, yield components and oil content of canola. Crop Physiology 12: 41-53. (In Persian)

Tahmasbi, D., Zarghami, R., Vatanpour Azghandi, A., and Chaichi, M. 2011. Effects of nanosilver and nitroxin biofertilizer on yield and yield components of potato mini-tubers. International Journal of Agriculture and Biology 13: 986-990.

Tahmasebi Sarvestani, Z., and Mostafavi Rad, M. 2012. Effect of organic and inorganic nitrogen sources on quantitative and qualitative characteristics in three winter rapeseed cultivars in Arak. Electronic Journal of Crop Production 4: 177-194. (In Persian with English Summary)

Taleshi, K., and Osouli, N. 2011. Effective of phosphate biofertilizer on reducing use of chemical phosphate fertilizer and rice yield in Amol, Iran. World Applied Sciences Journal 12: 1314-1320.

Taylor, A.J., Smith, C.J., and Wilson, I.B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use efficiency of canola. Fertilizer Research 29: 249-260.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 179-189

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۸۹-۱۷۹

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد

عفت غلامی شرفخانه[1*]، محسن جهان[2]، محمد بنایان اول[3]، علیرضا کوچکی[4] و پرویز رضوانی مقدم[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. سطوح مختلف کود گاوی (۲۵ تن در هکتار کود و بدون کود) به عنوان عامل کرت اصلی و انواع کودهای بیولوژیک (نیتروکسین، بیوسولفور، بیوفسفر، ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور)، ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر خالص۶۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود) به عنوان عامل کرت فرعی درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که کلیه صفات اندازه‌گیری شده شامل: ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد ساقه، درصد اسانس و عملکرد ماده خشک تحت تأثیر کود گاوی قرار گرفتند، به طوری‌که کاربرد کود گاوی منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی نسبت به عدم کاربرد گردید. بیشترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی به ترتیب مربوط به گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست و ترکیب نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور بود. کود زیستی بیوسولفور بیشترین عملکرد ماده خشک، عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه را سبب شد. درصد اسانس نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت و کاربرد کود زیستی نیتروکسین، ورمی‌کمپوست و ترکیب نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور سبب تولید بیشترین درصد اسانس شدند. نتایج ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات بیانگر آن بود که بیشترین همبستگی به ترتیب بین عملکرد ماده خشک با عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه وجود داشت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی در بهبود صفات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه تأثیری مثبت داشت، لذا می‌توان با استفاده بهینه از نهاده‌های طبیعی نسبت به تولید سالم گیاه دارویی مرزه اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه، سیستم کم‌نهاده، عملکرد ماده خشک، کود گاوی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک، صدمات زیست‌محیطی و اقتصادی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته است. مطالعات بلند مدت نشان می‌دهند که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش به علت اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای NPK می‌باشد (Adediran et al., 2004). در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و آسیب‌های اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Ghost & Bhat, 1998). به منظور کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری نظام‌های کشاورزی در دراز مدت را نیز به دنبال داشته باشد (Murty & Ladha, 1988). با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست و منابع آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارآیی نهاده‌ها را نیز افزایش داد (Ghost & Bhat, 1998).

در حال حاضر کودهای بیولوژیک به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). کودهای بیولوژیک در حقیقت شامل انواع ریزجانداران بوده (Chen,

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار، دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: gholamisharafkhane.eghsh@gmail.com)

(2006; Vessey, 2003) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از حالت غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته (Rajendran & Devaraj, 2004) و منجر به جوانه‌زنی بهتر بذر و توسعه سیستم ریشه‌ای می‌گردند (Chen, 2006). باکتری‌های آزادزی در برخی از فرآیندهای کلیدی بوم‌نظام مانند کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی، چرخه عناصر غذایی و استقرار گیاهچه نقش دارند (Wu et al., 2005). امروزه به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن از طریق باکتری‌های همیار از جمله *Azospirillum* و *Azotobacter* در بوم نظام‌های کشاورزی توجه ویژه‌ای معطوف شده است (Tilak et al., 2005). این دو گونه باکتری در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد گیاه نقش مفید و مؤثری دارند (Kader, 2002). *Azotobacter* قادر به تولید ترکیبات ضدقارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی بوده و همچنین سبب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شده که در نهایت، بهبود رشد پایه گیاه را به دنبال دارد (Chen, 2006). *Azospirillum* علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد مؤثر می‌باشد (Tilak et al., 2005). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات گروهی از ریزجانداران را در بر می‌گیرند که با ترشح اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز قادر هستند که فسفر نامحلول در خاک را به شکل محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند و باعث افزایش رشد گیاه تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک شوند (Tilak et al., 2005). همچنین، این باکتری‌ها نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی فسفره را کاهش می‌دهند (Vessey, 2003). از مهمترین جنس‌های این خانواده می‌توان به *Pseudomonas* و *Bacillus* اشاره کرد (Tilak et al., 2005). باکتری‌های *Thiobacillus* مهمترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک به شمار می‌روند، تلقیح خاک با این باکتری‌ها باعث افزایش سرعت اکسایش گوگرد خواهد شد. در صورتی‌که جمعیت این باکتری‌ها در خاک پائین باشد، مصرف گوگرد با این باکتری‌ها در خاک‌های قلیایی و آهکی اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (Rupela & Tauro, 1973). گزارش شده است که کود زیستی بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus*) همراه با گوگرد از طریق اکسایش گوگرد باعث تعدیل اسیدیته خاک، بهبود حلالیت و جذب فسفر و در نتیجه ارتقاء رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Garcia, 1991).

مواد آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک دارند یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شوند و از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (Renato et al., 2003) تا جایی که برخی از پژوهشگران معتقد هستند که حاصلخیزی خاک را تنها با عرضه مواد آلی مانند کودهای دامی و ورمی‌کمپوست می‌توان حفظ و تجدید کرد (Pieri, 1989). ورمی‌کمپوست در نتیجه فعالیت گونه‌هایی از کرم‌های خاکی روی بستری از مواد آلی تولید شده و حاوی عناصر غذایی است که به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (Atiyeh et al., 2000). این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی مناسب، فعالیت میکروبی زیاد و ظرفیت بالای نگهداری آب می‌باشد (Sangwan et al., 2008). کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که ضمن تأمین مقادیری عناصر غذایی، باعث حفظ و بهبود باروری خاک، افزایش ماده آلی، غنی‌سازی خاک و در نهایت بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود. خاک‌هایی که با کود حیوانی تغذیه می‌شوند، علاوه بر جمعیت میکروبی فعال‌تر و غنی‌تر، مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات قابل استفاده بیشتری نسبت به خاک‌های کشاورزی رایج دارند (Azeez et al., 2010).

گیاه دارویی مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است (Zargari, 1989). دارای گل‌های متعدد با اندازه ۱/۵ میلی‌متر، با برگ‌هایی نیزه‌ای شکل و دارای غدد ترشحی حاوی اسانس می‌باشند (Omidbeigi, 2000). مرزه گیاهی است معطر که اثرات مختلفی مانند درمان دردهای عضلانی، تهوع و بیماری‌های عفونی و گوارشی دارد (Vesquez et al., 2000). همچنین از این گیاه در مواد غذایی به عنوان چاشنی استفاده می‌شود (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). مرزه در بررسی های آزمایشگاهی اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانت، خواب‌آور و ضد اسپاسم از خود نشان داده است (Ratti et al., 2001). به علاوه به دلیل وجود مواد معطر در گیاه جهت مصارف غذایی، تهیه نوشیدنی‌ها، مصارف صنعتی و همچنین به واسطه خواص ضد

باکتریایی و ضد قارچی همواره مورد توجه بوده است (Chen, 2006).

در زمینه استفاده از کودهای زیستی تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده است. در بررسی کاربرد *Azotobacter* در رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک گیاه و نیز درصد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan et al., 2008). در تحقیقی بر روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مشاهده شد که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کودهای شیمیایی، سبب ایجاد بیشترین تعداد شاخه در گیاه شد (Azzaz et al., 2009). تحقیقات در زمینه اثر کاربرد کودهای دامی و به خصوص کود آلی ورمی‌کمپوست در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است. استفاده از ورمی‌کمپوست در سبزیجات نشایی، موجب افزایش رشد این گیاهان شد (Bachman & Metzeger, 1998). در آزمایشی روی کدو تنبل (*Cucurbita maxima* L.) مشاهده شد که با افزایش سطوح کودهای دامی، عملکرد ماده خشک به صورت خطی افزایش پیدا کرد (Azeez et al., 2010).

با توجه به اهمیت مدیریت تغذیه گیاهی در افزایش و پایداری تولید در کنار حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه و همچنین امکان‌سنجی ارایه روشی جایگزین در تولید سالم و عاری از بقایای شیمیایی مرزه در یک نظام زراعی کم‌نهاده طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در جنوب‌شرقی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سطوح مختلف کود دامی (۲۵ تن در هکتار کود گاوی و بدون کود) به عنوان عامل کرت اصلی و انواع کودهای بیولوژیک (نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus* sp.)، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp.)، ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور)، ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر خالص۶۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)) به عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری و به منظور تعیین میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و ظرفیت تبادل کاتیونی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱).

همچنین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کودهای دامی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زمین مورد کشت

Table 1- Some physico-chemical characteristics of experimental soil

بافت Texture	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (قسمت در میلیون) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) Potassium (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی- سیلت Loamy- silt	0.063	14	119	1.2	7.47

جدول ۲- درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کود های آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Nitrogen, phosphorus and potassium percentage in different manures used in experiment

	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (درصد) Available P (%)	پتاسیم قابل دسترس (درصد) Available K (%)
کود گاوی Cattle manure	0.28	0.07	0.2
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.5	1.5	1.2

بر اساس درصد نیتروژن هر کدام از کودهای آلی، نیاز کودی مرزه و اطلاعات خاک، مقدار مورد نیاز از هر کدام از کودهای آلی جهت اضافه کردن به خاک تعیین گردید. پس از پیاده کردن نقشه طرح و انجام عملیات خاکورزی، کرت‌هایی با ابعاد ۳×۲/۵ متر ایجاد و

در داخل هر کرت پنج ردیف کاشت ایجاد شد. حدود یک ماه قبل از کاشت کود دامی و نیز ورمی‌کمپوست به میزان مقادیر در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه و توسط بیل دستی تا عمق ۲۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کود شیمیایی (NPK)، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های مورد نظر اعمال شد. کشت روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله کاشت پنج سانتی‌متر در روی ردیف و عمق ۱-۰/۵ سانتی‌متری خاک انجام گرفت. به دلیل ریز بودن بذر مرزه و نیز به منظور سهولت در کاشت، بذرها با نسبت یک به پنج با ماسه بادی مخلوط گردید. قبل از کشت، به منظور تلقیح کودهای بیولوژیک به شرح زیر عمل شد: در تیمار بیوفسفر، بذور ابتدا در یک ماده چسبناک و بی‌اثر (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) غوطه‌ور شده و پس از آن در پودر مایه تلقیح قرار گرفته و به خوبی مخلوط شدند (Koocheki et al., 2008)، در تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین، از روش اختلاط کود با بذر به میزان دو لیتر در هکتار استفاده گردید و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه مورد کشت قرار گرفتند. در تیمار بیوسولفور، ابتدا پودر گوگرد و بیوسولفور براساس مقدار توصیه شده توسط شرکت تولیدکننده با یکدیگر مخلوط شدند، سپس در ردیف‌های کاشت اضافه شدند و بلافاصله کشت صورت گرفت. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر هفت روز یک‌بار به صورت نشتی انجام شد. برای رسیدن به تراکم مناسب، گیاهان در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شدند. کنترل علف‌های‌هرز توسط وجین دستی در دو نوبت انجام گرفت. برداشت مرزه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و ویژگی‌های مورد نظر اندازه‌گیری و ثبت شدند. به منظور تعیین عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و یک بوته از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و از سطح باقی‌مانده عملکرد ماده خشک تعیین شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 3- ANOVA (mean squares) of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	عملکرد ساقه Stem yield	محتوی اسانس Essential oil content	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
تکرار Replication	2	0.934^{ns}	0.166^{ns}	40800.470^{ns}	80760.721^{ns}	3.308^{**}	161611.61^{ns}
کود گاوی Cattle manure	1	50.380^{**}	36.214^{**}	2550289.292^{**}	5045872.126^{**}	0.173^{**}	18102462.31^{**}
خطای a Error a	2	2.005	2.000	18136.756	13776.167	0.009	106885.07
نوع کود Fertilizer type	6	15.690^{**}	15.884^{**}	331726.625^{**}	245630.216^{**}	0.237^{**}	1237267.39^{**}
کود دامی× نوع کود Cattle manure× fertilizer types	6	1.019^{ns}	1.214^{ns}	197700.625^{**}	150550.604^{*}	0.174^{**}	568049.67^{**}
خطای b Error b	24	1.685	1.701	38607.696	52294.442	0.006	94264.21
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.780	6.624	13.056	17.613	5.021	8.850

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

پنجاه گرم سرشاخه خشک شده از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد (هر نمونه ابتدا کمی خرد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۶۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه و سپس به مدت چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد) و در نهایت مقدار و درصد اسانس هر نمونه مشخص شد (Tahami et al., 2010). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با

استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود دامی و تیمارهای کودی مختلف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک مرزه داشت (جدول ۳).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک در نتیجه تیمار بیوسولفور به دست آمد، اگر چه با بقیه تیمارها به جز شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

اثر متقابل کود دامی و کودهای مختلف بر عملکرد ماده خشک مرزه معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به ترتیب در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه تلقیح با نیتروکسین و شاهد حاصل شد (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 4- Mean comparisons of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار) Flowering shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})
کود گاوی Cattle manure						
کاربرد کود گاوی Application of cattle manure	47.7^{a}	20.6^{a}	1751.33^{a}	1644.94^{a}	1.70^{a}	4125^{a}
عدم‌کاربرد کود گاوی No application of cattle manure	45.5^{b}	18.7^{b}	1258.50^{b}	951.71^{b}	1.58^{b}	2812^{b}
نوع کود Fertilizer types						
نیتروکسین Nitroxin	46. 3^{abc}	17.3^{c}	1588.67^{ab}	1348.42^{b}	1.80^{a}	3707^{a}
بیوسولفور Biosulfur	47. 3^{abc}	20.1^{abc}	1790.00^{a}	1645.63^{a}	1.45^{bc}	3975^{a}
بیوفسفر Biophosphor	47.5^{ab}	18.7^{bc}	1635.50^{ab}	1276.90^{b}	1.70^{a}	3509^{a}
نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	44.6^{bc}	22.0^{a}	1568.50^{ab}	1176.75^{bc}	1.80^{a}	3500^{a}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	48.5^{a}	19.2^{abc}	1350.00^{bc}	1277.40^{b}	1.81^{a}	3357^{a}
کود شیمیایی NPK	47.9^{a}	21.3^{ab}	1540.75^{ab}	1381.05^{ab}	1.30^{c}	3691^{a}
شاهد Control	44.4^{c}	18.9^{bc}	1061.00^{c}	982.13^{c}	1.65^{ab}	2542^{b}

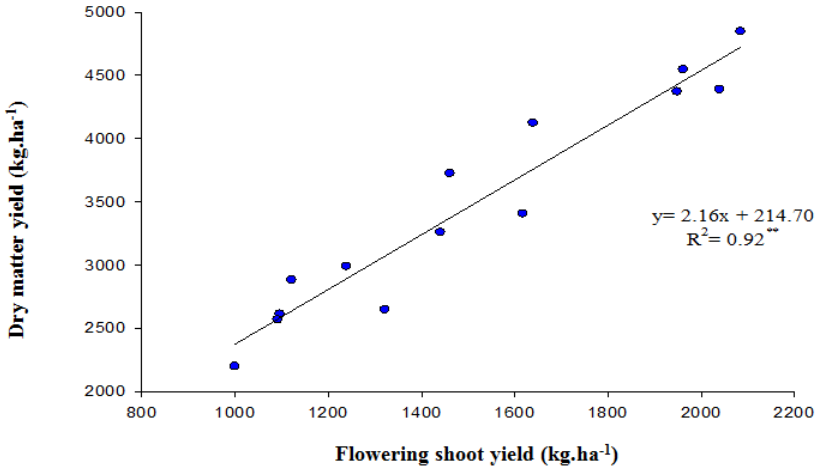
* برای هر گروه تیماری در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند (p≤۰/۰۵).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤ 0.05).

چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و ترشح انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسیدهای آلی) و نیز افزایش فراهمی عناصر غذایی (Kartikeyan et

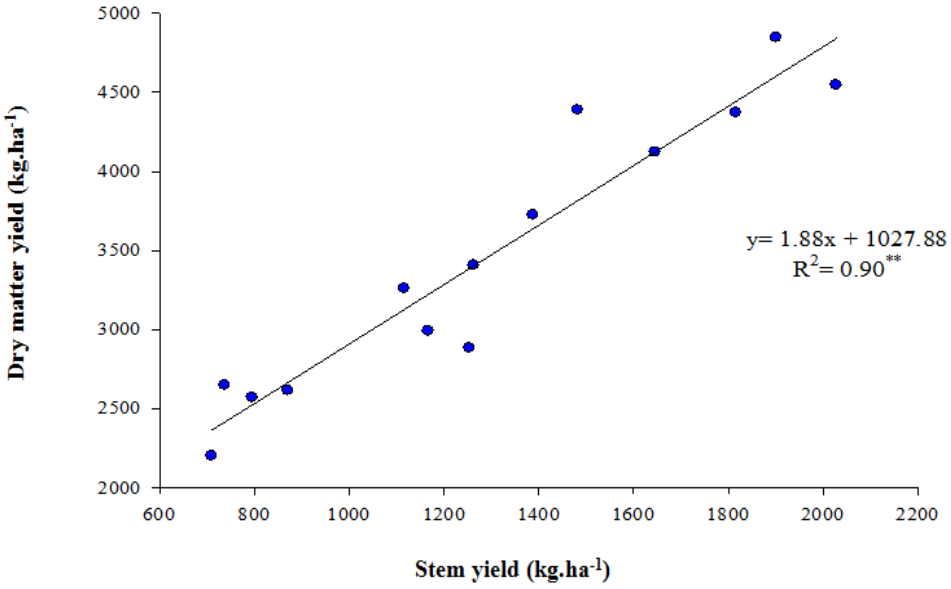
al., 2008) سبب افزایش فتوسنتز و در نهایت بهبود ماده خشک مرزه گردید. نتایج پژوهشی که بر روی نوعی تاج‌ریزی (*Solanum retroflexum* L.) انجام شد نشان داد که کاربرد کودهای دامی باعث افزایش عملکرد کل اندام‌های هوایی خشک گیاه گردید (Azeez et al., 2010).

رابطه بین عملکرد ماده خشک با عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ماده خشک مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Fig. 1- Relationship between flowering shoot yield and dry matter yield of summer savory affected by different fertilizers



شکل ۲- رابطه بین عملکرد ساقه و عملکرد ماده خشک مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Fig. 2- Relationship between stem yield and dry matter yield of summer savory affected by different fertilizers

با توجه به همبستگی بالایی که بین عملکرد سرشاخه گلدار و ماده خشک ($r^2= 0.92^{**}$) و همچنین عملکرد ساقه و ماده خشک ($r^2= 0.90^{**}$) مشاهده می‌شود در تیمارهای مختلف افزایش در عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه باعث افزایش در عملکرد ماده خشک نیز شده است. نتایج مشابهی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گزارش شده است (Aghhavani Shajari, 2012).

ارتفاع بوته

اثر کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه کاربرد کود دامی به دست آمد (جدول ۴). یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، کودهای آلی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند. در بین تیمارهای کودی مختلف، بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه اعمال تیمار ورمی‌کمپوست به دست آمد، اگر چه با بقیه تیمارها به جز شاهد و ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). از آن‌جایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه است، به نظر می‌رسد که گیاهان تحت تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بودند، در حالی‌که میزان مواد غذایی در کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بود. در تیمار ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به نظر می‌رسد که به دلیل رقابت ریزموجودات بر سر استقرار و مواد غذایی و یا تأثیر منفی (اثر ضدیتی) آن‌ها بر همدیگر به دلیل ترشح مواد بازدارنده خاص، هنگامی که با هم به‌کار برده شدند، گیاهان از نظر ارتفاع بوته اختلافی با شاهد نشان ندادند. برهمکنش کود دامی و تیمارهای مختلف کودی بر ارتفاع مرزه معنی‌دار نشد (جدول ۳)، اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی حدود پنج درصد این ویژگی را افزایش داد (جدول ۵). در آزمایشی تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر ارتفاع گیاه رازیانه گزارش شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). در برخی منابع به تأثیر مثبت کودهای بیولوژیکی در رشد گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) (Vital et al., 2002) و رزماری (Leithy et al., 2006) گزارش شده است.

تعداد شاخه جانبی

اثر کود دامی بر تعداد شاخه جانبی مرزه معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۳)، به طوری‌که صفت مذکور در نتیجه کاربرد کود دامی مقدار بیشتری نسبت به حالت عدم کاربرد آن داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها حاکی از این بود که در بین تیمارهای کودی مختلف، تیمار ترکیبی نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور بیشترین تعداد شاخه جانبی را ایجاد نمود که با تیمار ورمی‌کمپوست، بیوسولفور و کود شیمیایی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نبود (جدول ۳)، اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی این ویژگی را حدود ده درصد افزایش داد (جدول ۵). در شرایط یکسان محیطی، فراهم شدن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و متعاقباً تعداد شاخه فرعی گیاه شود (Tahami et al., 2010). در آزمایشی مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش شاخه‌های فرعی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Jahan & Koocheki, 2004). در پژوهشی دیگر، تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*)، افزایش معنی‌داری را در تعداد گل و شاخه در گیاه دارویی رزماری سبب شد (Abdelaziz et al., 2007).

عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، کود دامی و تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد کود دامی باعث افزایش ویژگی یاد شده گردید (جدول ۴) که علت آن را می‌توان به تأمین کافی و مناسب تمامی عناصر مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد توسط کود دامی نسبت داد (Tahami et al., 2010)، که شرایط مطلوب برای رشد و افزایش وزن گیاه را فراهم می‌نماید. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه در نتیجه تلقیح با کود زیستی بیوسولفور به دست آمد (جدول ۴).

اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار در درجه اول در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه تلقیح با نیتروکسین و در درجه دوم در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور و بیشترین عملکرد ساقه از کاربرد کود دامی به همراه بیوسولفور و همچنین از کاربرد کود دامی به همراه نیتروکسین به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود گاوی و نوع کود بر برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه

Table 5- Mean comparisons of cattle manure and fertilizer types interaction on some measured characteristics of summer savory

	تیمار Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branch	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار) Flowering shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})
کاربرد کود دامی Application of cattle manure	نیتروکسین Nitroxin	47.333^{ab*}	18.667^{bcd}	2085^{a}	1901.0^{a}	1.90^{bc}	4845.7^{a}
	بیوسولفور Biosulfur	47.833^{ab}	20.500^{bc}	1962^{ab}	2028.0^{a}	1.36^{gh}	4545.3^{ab}
	بیوفسفر Biophosphor	49.333^{a}	19.667^{bcd}	1949^{ab}	1816.0^{ab}	1.50^{fg}	4371.0^{ab}
	نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	45.500^{bcd}	23.000^{a}	2040^{a}	1482.2^{bcd}	2.10^{a}	4387.2^{ab}
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	49.500^{a}	19.833^{bcd}	1461^{cd}	1387.9^{cd}	2.00^{ab}	3725.2^{cd}
	کود شیمیایی NPK	49.333^{a}	23.000^{a}	1640^{bc}	1645.5^{abc}	1.30^{h}	4122.3^{bc}
	شاهد Control	45.667^{bc}	19.667^{bcd}	1122^{def}	1254.0^{cde}	1.80^{cd}	2883.3^{ef}
عدم‌کاربرد کود دامی No application of cattle manure	نیتروکسن Nitroxin	45.333^{bcd}	16.000^{e}	1092^{ef}	795.8^{fg}	1.70^{de}	2569.3^{fg}
	بیوسولفور Biosulfur	46.833^{b}	19.833^{bcd}	1618^{bc}	1263.3^{cde}	1.53^{fg}	3406.3^{de}
	بیوفسفر Biophosphor	45.833^{bc}	17.833^{de}	1322^{cdef}	737.8^{g}	1.90^{bc}	2647.9^{fg}
	نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	43.833^{cd}	21.167^{ab}	1097^{ef}	871.3^{efg}	1.50^{fg}	2614.6^{fg}
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	47.667^{ab}	18.667^{bcd}	1239^{def}	1166.9^{def}	1.63^{ef}	2989.9^{ef}
	کود شیمیایی NPK	46.500^{b}	19.667^{bcd}	1441^{cde}	1116.6^{defg}	1.30^{h}	3259.8^{de}
	شاهد Control	43.167^{d}	18.167^{cde}	1000^{f}	710.3^{g}	1.50^{fg}	2200.9^{g}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different ($p\leq 0.05$).

گزارش شد که کاربرد توأم کودهای آلی با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری *Thiobacillus* از طریق بهبود وضعیت خاک، افزایش اکسایش گوگرد و افزایش کربن آلی خاک، باعث افزایش زیست‌توده تولیدی ذرت (*Zea mays* L.) گردید (Mohamadi-Ariya et al., 2010).

درصد اسانس

درصد اسانس مرزه تحت تأثیر کود دامی قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۳). بالا بودن درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی را شاید بتوان به تأثیر عمومی و مثبت این کودها بر ویژگی‌های رشدی گیاه نسبت داد. به عبارت دیگر، درصد نسبتاً بالای اسانس در گیاهان تحت تیمارهای کود آلی به خاطر نمود بهتر گیاه مثلاً تولید سطح برگ و ماده خشک بیشتر در اثر مصرف این کودها دانست (Tahami, 2010). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) گزارش نمودند که در شرایط تلقیح با مایکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. آنها دلیل این امر را به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند. نتایج مطالعه شباهنگ و همکاران

(Shabahng et al., 2014) نشان داد که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت.

اثر کاربرد تیمارهای کودی مختلف بر درصد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد اسانس در نتیجه استفاده از ورمی‌کمپوست، نیتروکسین، بیوفسفر و ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به دست آمد (جدول ۴). اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر درصد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین درصد اسانس در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به دست آمد (جدول ۵). در پژوهشی بر روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مشاهده شد که مقدار درصد اسانس گیاه با مصرف کود گاوی افزایش یافت (Aghhavani Shajari, 2012). نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر درصد اسانس گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) بیشتر از کودهای شیمیایی بود (Gharib et al., 2008).

همبستگی صفات مورد مطالعه با عملکرد ماده خشک

برای تعیین عملکرد ماده خشک با معیارهای اندازه‌گیری شده، ضرایب همبستگی خطی برای هر یک از آن‌ها محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ منعکس شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود برخی صفات مطالعه شده با عملکرد ماده خشک همبستگی مثبت و معنی‌دار و برخی فاقد همبستگی هستند. در بین صفات مورد مطالعه عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد ماده خشک نشان دادند.

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 6- Correlation of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	عملکرد ساقه Stem yield	درصد اسانس Essential oil	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
ارتفاع بوته Plant height	1					
تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	0.24^{ns}	1				
عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	0.55^{*}	0.45^{ns}	1			
عملکرد ساقه Stem yield	0.71^{**}	0.47^{ns}	0.82^{**}	1		
درصد اسانس Essential oil	-0.07^{ns}	-0.11^{ns}	0.13^{ns}	0.04^{ns}	1	
عملکرد ماده خشک Dry matter yield	0.67^{**}	0.50^{ns}	0.96^{**}	0.95^{**}	0.10^{ns}	1

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و ورمی‌کمپوست، به تنهایی و یا در ترکیب با کود دامی، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزه، تأثیری مثبت داشته است. عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها، شرط

اصلی سالم و طبیعی بودن آن‌ها است، بنابراین، با توجه به پاسخ مثبت گیاه دارویی مرزه به کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک، به نظر می‌آید که به‌کارگیری این کودها ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیز نداشتن عواقب سوء زیست‌محیطی، روشی مناسب برای تولید سالم و پایدار این گونه محصولات می‌باشد.

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici cluj-Napoca 35: 86-90.

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

Aghhavani Shajari, M. 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). MSc Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D., and Shuster, W. 2000. Effect of vermicomposts and composts in horticultural container media and soil. Pedo Biologia 44: 579-590.

Azeez, J.O., Van Averbeke, W., and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology 101: 2499-2505.

Azzaz, N.A., Hassan, E., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral Fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 579-587.

Bachman, G.R., and Metzeger, J.D. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biologia 32: 419-423.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand 11 pp.

Garcia, O. 1991. Isolation and characterization of *Aciditiobacillus thiooxidans* and *Aciditiobacillus ferrooxidans* from mineral minees. Revista Berasileira de Microbiologia 20: 1-6.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agricultura and Biology 10(4): 381-387.

Ghost, B.C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environment and Pollution 102: 123-126.

Jahan, M., and Koocheki, A. 2004. Effect of organic production of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) on its chemical composition. Pajouhesh and Sazandegi 61: 87-95. (In Persian with English Summary)

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kartikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Bionterfaces 62: 143-145.

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 127-137. (In Persian with English Summary)

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Research 2: 773-779.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil

content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Mohamadi-Ariya, M., Lakziyan, A., and Haghniya, G. 2010. Evaluation of *Thiobacillus* bacteria and *Aspergillus* inoculum effect on corn growth. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 82-89. (In Persian)

Murty, M.G., and Ladha, J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281-285.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants, Vol. III. Astanghods Razavi Publisher, Mashhad. (In Persian)

Pieri, C. 1989. Fertilite des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche eet de development agricole au sud-du sahara. Ministere de la cooperation et CIRAD-IRAT (Eds.) Paris 444 pp.

Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobecteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol Research 156: 145-149.

Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63.

Rupela, O.P., and Tauro, P. 1973. Utilization of thiobacillus to reclaim alkali soils. Soil Biology and Biochemistry 5: 899-901.

Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. Bioresource Technology 99: 8699-8704.

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with Mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Tahami, S.M.K. 2010. Evaluation of the effects of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). MSc Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Tahami, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2: 70-82. (In Persian with English Summary)

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Shilpi Mittal, A., Tripathi, K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Vesquez, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., and Bashan, Y. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. Tehran University Publisher, Tehran, Iran. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 190-201

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۰۱-۱۹۰

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان

کوروش مجد سلیمی[1*]، ابراهیم امیری[2] و شهرزاد شایگان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۰۱

چکیده

یکی از عوامل اصلی در استفاده بهینه از آب برای تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری آب است. در این پژوهش میزان بهره‌وری آب در شش باغ چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) فاریاب و سه باغ دیم (بدون آبیاری) در شرایط مدیریت کشاورز طی دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ ارزیابی شد. میزان عملکرد هر باغ در برداشت‌های متوالی، اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک به روش وزنی و با استفاده از معادله بیلان آب در دوره رشد انجام گرفت. حجم آب ورودی به سیستم آبیاری و حجم آب رسیده به سطح زمین نیز اندازه‌گیری شد. میانگین عملکرد چای ساخته شده در باغ‌های تحت آبیاری و دیم به ترتیب برابر ۲۸۴۳ و ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب ناخالص (آبیاری ناخالص و بارندگی مؤثر) و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در باغ‌های آبیاری شده به ترتیب برابر ۴/۳۹ و ۴/۵۵ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی و میانگین بهره‌وری آب (تبخیر- تعرق واقعی) و بهره‌وری آب آبیاری واقعی به ترتیب برابر ۵/۱۸ و ۶/۶۱ کیلوگرم چای در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های دیم برابر ۳/۴ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر بود. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش بهره‌وری آب در وضعیت فعلی باغ‌های چای می‌توان به مدیریت داشت و برداشت (برگ‌چینی غیراستاندارد و با فواصل طولانی) نامناسب و مسائل اقتصادی اشاره نمود. علاوه بر این، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب و قدیمی بودن سیستم‌های آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری غیراصولی در باغ‌های چای تحت آبیاری نیز بر کاهش مقادیر این شاخص بسیار مؤثر بوده است. مقایسه نتایج این پژوهش با مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب در شرایط مصرف بهینه آب و کود در تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که با اجرای روش‌ها و مدیریت آبیاری مناسب و اعمال تدابیر داشت و برداشت اصولی می‌توان بهره‌وری آب را در باغ‌های چای ارتقاء داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری تکمیلی، باغ‌های دیم، عملکرد چای، کارآیی مصرف آب

مقدمه

با افزایش جمعیت و مصرف سرانه چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در کشور، تولید این محصول در مناطق چای‌کاری استان‌های گیلان و مازندران با دو چالش تولید بیشتر و مدیریت بهتر منابع محدود آب مواجه است (Majd Salimi, 2008). چالش تولید محصول بیشتر با محدودیت‌های فزاینده آب، افزایش تولید محصول به ازای واحد حجم آب مصرفی را می‌طلبد (Majd Salimi, 2012). شاخص بهره‌وری آب نشان‌دهنده میزان تولید (عملکرد) در ازای واحد آب مصرفی در واحد هکتار است. بهره‌وری آب آبیاری در گیاهان مختلف، متفاوت گزارش شده است. تغییرات این شاخص به طور عمده به عوامل اقلیمی، مدیریت آبیاری و کود نسبت داده می‌شود (Molden et al., 2001). بر اساس مطالعه‌ای برای محصولات عمده کشاورزی کشور، مقدار بهره‌وری آب در شرایط مدیریت کشاورز برای گندم (*Triticum aestivum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، یونجه (*Medicago sativa* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) به‌ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶ و ۰/۲۹ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب محقق مرکز تحقیقات چای کشور، دانشیار دانشگاه آزاد واحد لاهیجان و محقق مرکز تحقیقات چای کشور
(*- نویسنده مسئول: Email: k_majdsalimi@yahoo.com)

گزارش شده است (Hedari et al., 2008).

در حال حاضر کشت و تولید چای در دو استان گیلان و مازندران در سطحی معادل با ۳۲ هزار هکتار صورت می‌گیرد (Majd Salimi, 2008). برداشت محصول از باغ‌های چای که بیشتر در اراضی دیم و کوهپایه‌ای قرار دارند در ماه‌های اردیبهشت تا آبان هر سال انجام می‌شود و تأمین آب مورد نیاز آن‌ها به توزیع بارندگی منطقه بستگی دارد (Majd Salimi & Mirlatifi, 2008). با وجود بارندگی سالیانه حدود ۱۱۰۰ میلی‌متر در این مناطق، فقط ۳۰ درصد از این میزان به دوره برداشت چای تعلق دارد (Majd salimi, 2012).

با توجه به محدودیت آب و اراضی قابل کشت، مهم‌ترین راه افزایش تولید چای، افزایش عملکرد در واحد سطح و تولید به ازای واحد آب مصرفی (بهره‌وری آب) است. برای دستیابی به هدف افزایش بهره‌وری آب در مناطق چای‌کاری، اعمال مدیریت باغی (داشت و برداشت) و آبیاری مناسب، ضروری است (Carr, 2010b; Stephens & Carr, 1994). بنابراین، تأمین آب مورد نیاز بوته‌های چای با استفاده از آبیاری تکمیلی و اصول صحیح بهره‌برداری، مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسأله در بهبود و افزایش عملکرد این محصول به شمار می‌آید (Stephens & Carr, 1991a).

بر اساس مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف چای‌کاری، میزان بهره‌وری آب بین ۰/۱۵ تا ۰/۹ کیلوگرم چای آماده در هکتار به ازای هر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است که این تغییرات به نوع سیستم آبیاری، میزان بارندگی و آبیاری، نوع کلون، میزان و نوع کود مصرفی، فصل، شرایط آب و هوایی، عملیات داشت و برداشت و سن بوته‌ها بستگی داشت (Stephens & Carr, 1991a; 1991b).

در مطالعه انجام شده طی دوره هشت ساله، دامنه تغییرات عملکرد خالص سالانه به آب مصرفی واقعی برای کلون ۶/۸ در شرایط بدون آبیاری و آبیاری کامل با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب بین ۲/۳ تا ۵/۳ و ۲/۷ تا ۴/۶ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی گزارش شد (Carr, 2010b).

در مناطق چای‌کاری ایران تاکنون مطالعه‌ای برای تعیین بهره‌وری آب در تولید محصول چای در شرایط مدیریت کشاورز انجام نشده است. نتایج برخی از تحقیقات صورت گرفته در شرایط مصرف بهینه آب و کود، بهره‌وری آب را در وضعیت دیم بین ۲/۱ تا ۶/۷ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی (بارندگی) و در وضعیت آبیاری کامل بین ۴/۶ تا ۸/۷ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آب مصرف (بارندگی و آب آبیاری) نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این تحقیقات، تغییرات بهره‌وری آب به عوامل آب و هوایی (دمای بالا و کمبود رطوبت نسبی هوا)، مقدار کود نیتروژن کاربردی و دور آبیاری بستگی داشت (Majd Salimi et al., 2011; Majd Salimi, 2010). این پژوهش به منظور تعیین مقادیر عملکرد، آب مصرفی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب در باغ‌های چای استان گیلان، تحلیل عوامل مدیریتی داشت و برداشت و آبیاری در شرایط مدیریت باغ‌دار انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در نه باغ منتخب در شرایط مدیریت کشاورز در دوره رشد گیاه چای در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. انتخاب باغ‌های چای مورد نظر، بر اساس تفکیک کل اراضی چای‌کاری به سه منطقه چای‌کاری شرق، مرکز و غرب انجام گرفت. در هر منطقه دو باغ چای در شرایط فاریاب دارای آبیاری بارانی کلاسیک و یک باغ در شرایط دیم (بدون آبیاری) به صورت تصادفی خوشه‌ای انتخاب شدند. سه باغ چای دیم منتخب شامل باغ WS (منطقه غرب)، CN (منطقه مرکزی) و EM (منطقه شرق) بودند.

برای انتخاب باغ‌های چای تحت آبیاری، با توجه به این‌که در حال حاضر فقط از سیستم‌های آبیاری بارانی از نوع کلاسیک نیمه-متحرک (با جابه‌جایی دستی) و ثابت- آب‌پاش متحرک و در موارد محدودی از نوع کلاسیک تمام ثابت در اراضی چای‌کاری استفاده می‌شود. هم‌چنین به دلیل خرده مالکی بسیار زیاد در باغ‌های چای (بیشتر از ۹۵ درصد باغ‌های چای دارای مساحت کمتر از یک هکتار می‌باشند) و اجرای برخی از پروژه‌های آبیاری به صورت گروهی (بهره‌برداری مشاع)، نمونه‌ها برای ارزیابی سیستم آبیاری طوری انتخاب شد (تصادفی خوشه‌ای) تا شامل همه موارد فوق گردد. بر این اساس، سیستم‌های منتخب شامل دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابه‌جایی دستی) با مدیریت انفرادی (CG و CK)، یک سیستم آبیاری ثابت با مدیریت انفرادی (WA)، دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک با مدیریت انفرادی (WB و ED) و یک سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک با مدیریت گروهی یا بهره‌برداری مشاع (EP) بود. جدول ۱ مشخصات کلی باغ‌های دارای سیستم آبیاری مورد ارزیابی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات باغ‌های چای با سیستم آبیاری بارانی
Table 1- Tea fields profile with sprinkler irrigation system

نام باغ Farmer's fields	منطقه Region	سیستم آبیاری Irrigation system	مساحت (هکتار) Area (ha)	منبع آب Water source	فواصل آب‌پاش‌ها (متر در متر) Sprinkler spacing (m×m)	تعداد آب‌پاش در حال کار Number of sprinkler operation
WA	فومن Fouman	سیستم ثابت αSolid set	0.3	چاه سطحی Shallow well	15×12	3
WB	فومن Fouman	سیستم ثابت αSolid set	9	چاه عمیق Deep well	29×22	6
CG	لاهیجان Lahijan	سیستم نیمه‌متحرک @Semi-portable	0.5	چاه سطحی Shallow well	15×15	4
CK	لنگرود Langeroud	سیستم نیمه‌متحرک @Semi-portable	1.5	چاه نیمه‌عمیق Semi-deep well	15×15	5
EP	رودسر Roudsar	سیستم ثابت αSolid set	15	چاه عمیق Deep well	18×18	20
ED	رودسر Roudsar	سیستم ثابت αSolid set	1.8	چاه نیمه‌عمیق Semi-deep well	18×15	6

@: سیستم آبیاری از نوع جابه‌جایی لوله فرعی با دست
Irrigation system of hand-move laterals
α: سیستم آبیاری از نوع جابه‌جایی آب‌پاش با دست
Irrigation system of hand-move sprinklers

آزمایش‌های لازم جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ابتدای آزمایش برای نه باغ منتخب تعیین (جدول ۳) و اندازه‌گیری کیفیت آب آبیاری برای شش باغ دارای سیستم آبیاری (جدول ۲) انجام شد.

برای تعیین بهره‌وری آب در باغ‌های چای، نیاز به مشخص نمودن نسبت عملکرد چای ساخته شده به میزان آب مصرفی است لذا وزن عملکرد برگ سبز چای در برداشت‌های متوالی در دوره رشد چای (فروردین تا آبان) برای تمام باغ‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از ضریب تبدیل ۰/۲۲۵ (Anonymous, 2008) به عملکرد چای ساخته شده تبدیل گردید.

برای شش باغ منتخب دارای سیستم آبیاری بارانی کلاسیک، حجم ناخالص آب ورودی به سیستم آبیاری در طی دوره کم‌آبی (تیر و مرداد) به وسیله کنتور حجمی نصب شده در ابتدای سیستم آبیاری، اندازه‌گیری شد. در زمان آبیاری، میانگین دبی خروجی از آب‌پاش‌ها با استفاده از چند شیلنگ و ظروف مدرج ۲۰ یا ۴۰ لیتری وکرنومتر اندازه‌گیری گردید و با ضرب آن در تعداد آب‌پاش‌های در حال کار، حجم آب خروجی از آب‌پاش (آب آبیاری کاربردی) تعیین گردید. برای محاسبه هدر رفت احتمالی آب از محل اتصالات و شیر خودکارها (به علت خرابی و فرسودگی اتصالات) از تفاوت حجم ناخالص آب ورودی به سیستم و حجم آب آبیاری خارج شده از آب‌پاش‌ها استفاده شد.

در هر بار آبیاری برای اندازه‌گیری میزان آب رسیده به سطح زمین، در ابتدا لوله‌های جانبی در محل مناسبی از سیستم انتخاب شدند و سپس قوطی‌های جمع‌آوری آب (قوطی‌های آلومینیومی به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر داخلی ده سانتی‌متر) در شبکه‌های ۳×۳ (بین دو آب‌پاش دارای فشار متوسط) قرار داده شدند. در مدت آزمایش حجم آب جمع شده در قوطی‌ها به وسیله استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت گردید. همچنین یکی از ظروف مذکور که در شروع آزمایش دارای حجم مشخصی آب بود دور از آب‌پاش‌ها و در شرایطی مشابه با سایر ظروف اندازه‌گیری، برای تخمین میزان تبخیر از ظروف طی مدت آزمایش قرار داده شد. مدت زمان و تقویم آبیاری و مقدار آب اختصاص داده شده در طول دوره رشد، مطابق نظر باغدار بوده و تغییری در آن اعمال نگردید.

میزان بارندگی در هر منطقه با استفاده از دستگاه باران‌سنج نصب شده در محل، اندازه‌گیری و ثبت گردید. اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک در تمام باغ‌های منتخب با استفاده از روش نمونه‌گیری وزنی و معادله بیلان رطوبتی خاک (معادله ۱) در طول دوره رشد انجام گرفت.

$$I+P-(ETa+Dd+Ro)=\Delta S \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، I و P: به ترتیب مقدار آب آبیاری و بارندگی مؤثر،

ETa، Dd و Ro: به ترتیب مقدار تبخیر- تعرق واقعی، عمق آب زهکشی شده و رواناب و ΔS تغییرات ذخیره رطوبت خاک است (واحدها بر حسب میلی‌متر می‌باشد).

در این تحقیق، برای باغ‌های چای منتخب در شرایط دیم (WS، CN و EM)، تولید به ازای واحد بارندگی مؤثر یا بهره‌وری آب مصرفی ناشی از بارندگی مؤثر (WPp) از معادله (۲) محاسبه شد:

$$WP_p = \frac{Y}{P}$$ معادله (۲)

در شرایط آبیاری بارانی تکمیلی (باغ‌های WA، WB، CG، CK، EP و ED)، بهره‌وری آب ناخالص (آب آبیاری ناخالص ورودی به سیستم و بارندگی مؤثر) و بهره‌وری آب واقعی (تبخیر- تعرق) (WUEI+P) تعیین گردید (معادله ۳).

$$WP_{(I+P)} = \frac{Y}{V_{(I+P)}}$$ معادله (۳)

همچنین، در باغ‌های تحت آبیاری، قطعه‌ای به مساحت ۱۰۰ مترمربع (با مدیریت داشت و برداشت یکسان) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد، سپس با استفاده از معادله (۴)، بهره‌وری آب مصرفی ناشی از آبیاری در اضافه عملکرد نسبت به شرایط دیم (قطعه شاهد) یا بهره‌وری آب آبیاری[1] (IWP) محاسبه گردید.

$$IWP = \frac{dY}{Vi}$$ معادله (۴)

در معادلات (۲)، (۳) و (۴)، Y: عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار)، P: بارندگی مؤثر (میلی‌متر یا مترمکعب) V(I+P): حجم ناخالص آب مصرفی یا مجموع ناخالص آب آبیاری و بارندگی مؤثر (میلی‌متر یا مترمکعب)، dY: اختلاف عملکرد هر باغ تحت آبیاری با قطعه شاهد در همان باغ (کیلوگرم در هکتار) و Vi: حجم ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر یا مترمکعب) می‌باشد. علاوه بر موارد فوق، عملیات داشت، برداشت و مدیریت‌های به‌زراعی که توسط باغدار طی دوره بهره‌برداری در باغ‌ها انجام شد، ثبت و مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

جداول ۲ و ۳ نتایج حاصل از آزمایش کیفیت آب و خاک در باغ‌های چای منتخب مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. آب تمام سیستم‌ها از چاه تأمین شده و در طبقه‌بندی ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، در کلاس C_2-S_1 قرار داشتند. بافت خاک در تمام باغ‌های چای از نوع لومی- رسی- شنی یا لومی- شنی بود که برای تولید چای بسیار مناسب است. در مورد عمق توسعه ریشه (۰/۶ تا ۰/۸ متر) در بوته‌های چای باید عنوان نمود چای گیاهی چندساله است و در شرایط طبیعی رشد ریشه‌های آن طی سال‌های بهره‌برداری تقریباً ثابت است. از نظر میزان عناصر فسفر و پتاسیم در خاک نیز تقریباً همه باغ‌ها در وضعیت مناسبی قرار داشتند. پرمصرف‌ترین و ضروری‌ترین کود مورد نیاز در باغ‌های چای کود نیتروژن از منبع اوره است زیرا تولید برگ‌ها و شاخساره‌های چای (محصول) منجر به تخلیه نیتروژن از خاک می‌گردد.

در بین باغ‌های آبیاری شده، کمترین مقدار مصرف کود اوره مربوط به باغ‌های WA و CG (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود و در سایر باغ‌ها، کود اوره بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت مخلوط با خاک به کار برده شد. پخش کود اوره در باغ‌های دیم بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط کشاورزان انجام شد. به طور کلی، تمامی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک باغ‌های منتخب در محدوده مجاز قرار داشته و برای آبیاری بارانی محدودیت کاربردی نداشتند.

بهره‌وری آب در باغ‌های دیم

همان‌طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان بارندگی مؤثر اندازه‌گیری شده در دو سال اجرای آزمایش به ترتیب مربوط به باغ‌های CN، WS و EM بود. در هر سه منطقه میزان بارندگی در سال ۱۳۸۹ کمتر از سال ۱۳۸۸ اندازه‌گیری و ثبت گردید (جدول ۳). با توجه به آمار بارندگی ثبت شده در هر منطقه و سایر اطلاعات هواشناسی ثبت شده طی دوره رشد در برخی از ایستگاه‌های تحقیقاتی چای نزدیک به باغ‌های منتخب نظیر دمای هوا و کمبود اشباع هوا (شکل‌های ۱ و ۲) می‌توان بیان کرد که شدت و مدت زمان خشکسالی در سال ۱۳۸۹ بیشتر از سال ۱۳۸۸ بود.

1- Irrigation water productivity

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب آبیاری باغ‌های چای فاریاب
Table 2- Irrigation water quality characteristics in irrigated tea fields

نام باغ Farmer's fields	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس در متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	بی‌کربنات HCO^{-3}	کربنات O_3^{-2}	کلر Cl^-	نسبت جذبی سدیم SAR	طبقه‌بندی[1] Class
		(میلی‌اکی‌والان در لیتر) ($meq.L^{-1}$)								
WA	0.635	6.2	1.26	2.5	0.9	0.9	0	0.32	0.96	C_2-S_1
WB	0.515	6.5	1.35	2.1	2.4	1.6	0	0.30	0.90	C_2-S_1
CG	0.754	6.9	1.46	2.4	1.2	1.9	0.15	0.34	1.10	C_2-S_1
CK	0.696	6.8	1.44	1.9	0.8	3.1	0.20	0.32	1.24	C_2-S_1
EP	0.718	6.9	1.49	1.1	2.6	4.0	0.10	0.40	1.09	C_2-S_1
ED	0.685	7.1	1.48	1.3	2.8	2.2	0.18	0.41	1.03	C_2-S_1

۱ـ طبقه‌بندی بر اساس روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا است.
1- The method is based on soil classification laboratory of America

جدول ۳- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در باغ‌های چای مورد آزمایش
Table 3- Physico-chemical characteristics of soil in experimental tea fields

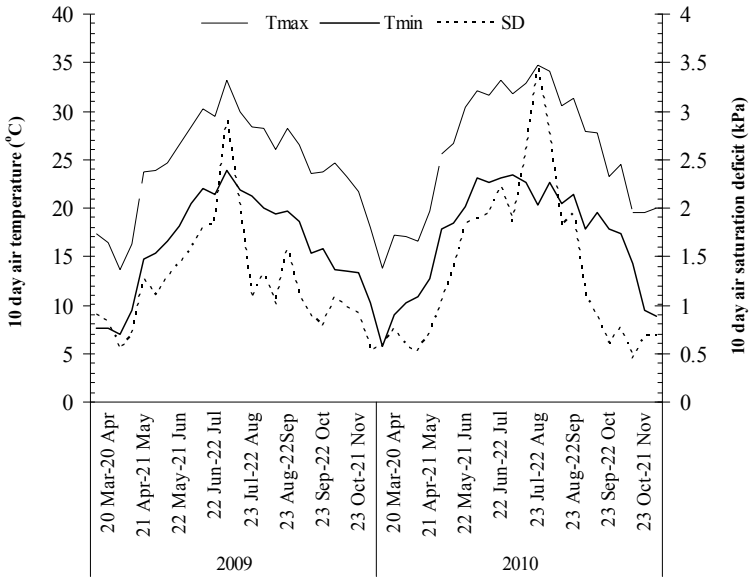
ویژگی Characteristic	باغ‌های چای آبیاری‌شده Irrigated tea fields						باغ‌های چای دیم Rain fed tea fields		
	WA	WB	CG	CK	EP	ED	WS	CN	EM
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)*	0.35	0.33	0.32	0.48	0.14	0.31	0.30	0.25	0.42
اسیدیته pH*	4.1	4.3	4.9	5.1	4.7	4.9	4.5	4.2	3.9
کربن آلی (درصد) OC (%)**	1.8	2.5	2.2	2.1	2.0	2.3	2.4	1.9	1.8
نیتروژن کل (درصد) Total N (%) **	0.17	0.21	0.19	0.17	0.16	0.20	0.25	0.13	0.21
فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Absorbable P (ppm)**	120	14	95	75	11	140	41	10.5	32
پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Absorbable K (ppm)**	240	203	185	112	114	186	206	117	98
بافت خاک Soil texture*	S.C.L	S.C.L	S.L	S.C.L	S.C.L	S.C.L	S.L	S.L	S.C.L
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density ($g.cm^{-3}$)*	1.38	1.41	1.40	1.37	1.36	1.34	1.42	1.46	1.35
ظرفیت زراعی (درصد وزنی) Field capacity (% W)*	20.9	19.7	18.1	20.4	22.5	22.3	19	18.2	20
حد پژمردگی دائم (درصد وزنی) PWP (% W) *	10.1	8.9	9.1	9.8	12.2	10	9.2	8.8	11.1
عمق توسعه ریشه (متر) Root depth (m)*	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.8
نفوذپذیری نهایی (میلی‌متر بر ساعت) Infiltration rate ($mm.hr^{-1}$)**	20	18	17	19	18	16	15	19	16

* این مقادیر مربوط به میانگین اعداد در سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر است.
* These values are the mean of three soil depth.
** اعداد مربوط به این پارامترها متعلق به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک است.
** These values are related to 30 cm of soil depth.

جدول ٤- میزان عملکرد، بارندگی مؤثر، بهره‌وری آب (بارندگی مؤثر) در باغ‌های چای دیم منتخب

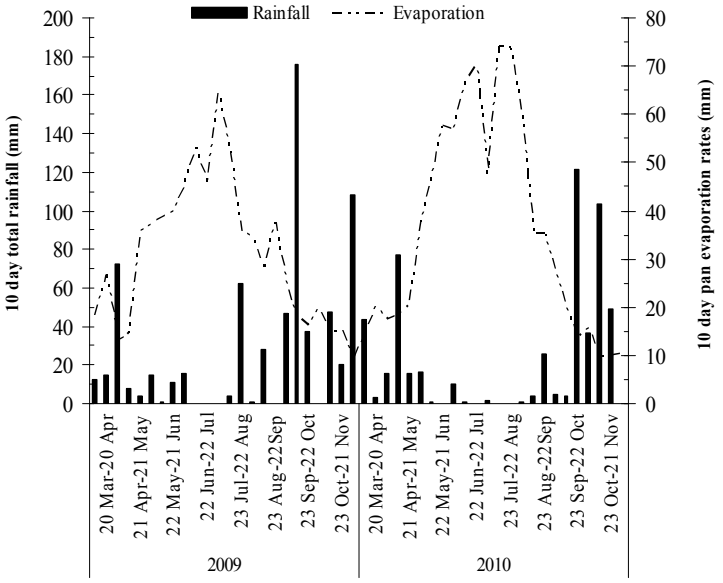
Table 4- Amount of yield, effective rainfall and water productivity in rainfed tea fields

نام باغ Farmer's fields	سال Year	مساحت (هکتار) Area (ha)	عملکرد برگ سبز (کیلوگرم در سطح کشت) Yield of green leaf (kg per area farms)	عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار) Yield of made tea ($kg.ha^{-1}$)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)	بهره‌وری آب بارندگی مؤثر (کیلوگرم در هکتار بر میلی-متر) WP_p ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
WS	2009	9	46080	1152	320	3.6
	2010		37752	944	286	3.3
CN	2009	1.5	9960	1494	390	3.8
	2010		8060	1209	345	3.5
EM	2009	0.42	1897	1016	308	3.3
	2010		1412	757	261	2.9
		میانگین دو سالانه Average of 2 years		1095	318	3.4



شکل ۱- میانگین (ده روزه) دمای حداکثر و حداقل هوا و کمبود فشار بخار اشباع هوا در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Fig. 1- 10 days average of maximum and minimum of air temperature and air saturation deficits at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010



شکل ۲- میانگین (ده روزه) بارندگی و تبخیر از تشت در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Fig. 2- 10 days average of total rainfall and pan evaporation rates at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010

دمای هوای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمبود فشار بخار اشباع بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (شکل ۱)، بارندگی بسیار اندک و تبخیر زیاد (شکل ۲) در ماه‌های تیر و مرداد این موضوع را تأیید می‌نماید. بر این اساس، کاهش عملکرد در سال دوم آزمایش در هر سه باغ دیم منتخب قابل انتظار بود.

با مشاهده میزان عملکرد و بارندگی مؤثر در باغ‌های چای بدون آبیاری در دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (جدول ۴) می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط زیادی بین این دو عامل وجود دارد. به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد چای در دو سال آزمایش (۱۴۹۴ و ۱۲۰۹ کیلوگرم در هکتار) متعلق به باغ CN با بارندگی ۳۹۰ و ۳۴۵ میلی‌متر بود. همچنین مدیریت داشت مناسب مانند مقدار و نحوه مناسب مصرف کود نیتروژن، انجام هرس‌های مورد نیاز، برداشت اصولی و به موقع برگ سبز چای در دوره رشد باعث گردید تا میزان عملکرد در این باغ بیشتر از سایر باغ‌های دیم گردد.

کمترین میزان عملکرد چای ساخته شده نیز در سال دوم آزمایش (۹۴۴ و ۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از باغ‌های WS و EM با میزان بارندگی ۲۸۶ و ۲۶۱ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی، تنش آبی ناشی از کمبود میزان بارندگی و تنش محیطی هوا نظیر دمای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (Tanton, 1982) و کمبود فشار بخار اشباع هوا بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (Tanton, 1982) در برخی از ساعات روز در ماه‌های تیر و مرداد (شکل ۱) باعث شد تا میزان تولید برگ و شاخساره‌های چای (به عنوان عملکرد) کاهش زیادی یابد و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یابد.

نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین عملکرد چای ساخته شده در تمام باغ‌های دیم منتخب برابر ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار بود که با احتساب میانگین بارندگی مؤثر ۳۱۸ میلی‌متر در کل دوره رشد به دست آمد. بنابراین، میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های چای بدون آبیاری را می‌توان برابر ۳/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر در نظر گرفت.

در شرایط آزمایش تحقیقات قبلی، این شاخص برابر ۳/۱ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر (Majd Salimi & Mirlitifi, 2008) و در تحقیقی دیگر برابر با ۳/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر (Majd Salimi et al., 2011) گزارش شد. بهره‌وری آب در باغ‌های چای تانزانیا و مالاوی در فصل

گرم و خشک بین ۲/۱ تا ۳/۹ کیلوگرم بر هکتار به ازای هر میلی‌متر آب بارندگی گزارش شده است (Carr, 2010b).

به طور کلی، می‌توان بیان کرد که علاوه بر شرایط و عوامل آب و هوایی مؤثر در تولید محصول و بهره‌وری آب، تأثیر مدیریت داشت و تدابیر برداشت در باغ‌های چای دیم بسیار حائز اهمیت است. از ویژگی‌های مثبت و منفی مدیریتی مؤثر بر بهره‌وری آب در این باغ‌های چای می‌توان به این موارد اشاره نمود. استفاده از بقایای هرس سطحی بوته‌های چای به عنوان خاک‌پوش در هر سه باغ که باعث حفظ رطوبت و افزایش مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب بارندگی شد. ایجاد حجم و سطح گسترش تاج مناسب برای بوته‌های چای که موجب کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت آن گردید (فقط در باغ‌های WS و CN). تدابیر برداشت به موقع و اصولی، وجود درختان سایه‌انداز (باغ CN)، نوع و مقدار کود مصرفی به ویژه کودهای اوره و سولفات پتاسیم، همچنین میزان سواد (تحصیلات)، مهارت و دانش فنی کشاورز و مسائل اقتصادی (خرید به موقع و با قیمت مناسب برگ سبز چای) که در اداره امور مربوط به داشت و برداشت باغ چای نقش مناسبی داشت. آلوده بودن یکی از باغ‌های چای (WS) به نماتد مولد زخم ریشه که باعث کاهش عملکرد و بهره‌وری آب گردید. سن زیاد بوته‌ها (بیشتر از ۴۵ سال) در هر سه باغ چای که ممکن است باعث کاهش عملکرد مورد انتظار (عملکرد اقتصادی) و بهره‌وری آب شده باشد.

بهره‌وری آب در باغ‌های آبیاری شده

مقادیر مربوط به عملکرد، میزان مصرف آب آبیاری ناخالص و بارندگی مؤثر در جدول ۵ و مقادیر بهره‌وری آب ناخالص و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص برای باغ‌های چای آبیاری شده در دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی ناخالص در باغ ED به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). حجم ناخالص آب ورودی به سیستم آبیاری این باغ، مقدار ۳۴۵۰ و ۳۹۱۷ مترمکعب آب برای آبیاری هر هکتار را در ماه‌های تیر و مرداد دو سال آزمایش نشان می‌دهد (جدول ۵). با در نظر گرفتن میزان بارندگی مؤثر، مقادیر مربوط به بهره‌وری آب ناخالص در این شرایط برابر ۰/۵۱۶ و ۰/۵۲۴ کیلوگرم در مترمکعب در هکتار به دست آمد (شکل ۴). مقادیر مربوط به بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در دو سال آزمایش برابر ۰/۵۷۵ و ۰/۵۴۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب حجم ناخالص آب آبیاری بود (شکل ۳).

نوع سیستم آبیاری (کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک)، مدیریت داشت (به خصوص میزان و نحوه پخش کود مورد نیاز) و تدابیر برداشت مناسب و در نتیجه عملکرد بیشتر، همچنین برنامه آبیاری مؤثر و کارآمد و بهره‌برداری مناسب از سیستم آبیاری و در نتیجه تلفات کمتر آب (حدود ۲۰ درصد) از مهم‌ترین دلایل افزایش نسبی شاخص‌های کارآیی در این باغ بود.

جدول۵- میزان عملکرد برگ چای ساخته شده، عملکرد قطعه شاهد، بارندگی مؤثر و حجم آب آبیاری ناخالص در باغ‌های چای فاریاب

Table 5- Green leaf and made tea yield, yield of control, effective rainfall and gross irrigation water volume in irrigated tea fields

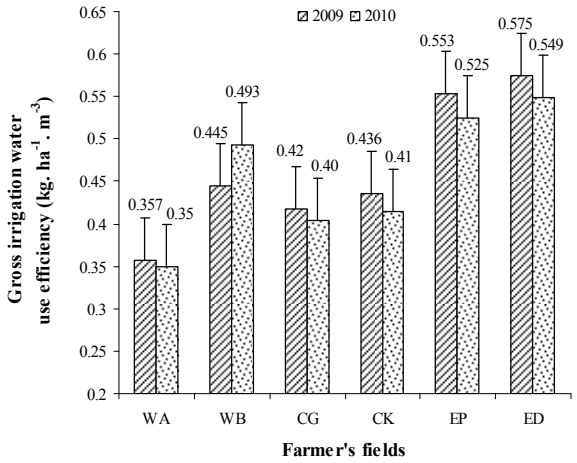
نام باغ Farmer's fields	سال Year	عملکرد برگ سبز (کیلوگرم در سطح کشت) Yield of green leaf (kg in area farms)	عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار) Yield of made tea ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد شاهد[α] (کیلوگرم در هکتار) Yield of control ($kg.ha^{-1}$)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)	آب آبیاری ناخالص (مترمکعب) Gross irrigation water (m^3)
WA	2009	2425	1819	1204	320	1720
	2010	2242	1686	1075	286	1950
WB	2009	128128	3203	1486	320	3857
	2010	139968	3499	1324	286	4412
CG	2009	5637	2537	1387	390	2768
	2010	5155	2405	1264	345	2820
CK	2009	19413	2912	1520	390	3189
	2010	18573	2786	1295	345	3106
@ EP	2009	1402	3156	1358	308	3250
	2010	1474	3318	1302	261	3840
ED	2009	26952	3369	1383	308	3450
	2010	27400	3425	1275	261	3917
میانگین دو سالانه (Average of 2 years)			2843	1322	318	3140

@: کل مساحت این باغ ۱۵ هکتار (بهره‌برداری مشاع یا گروهی) بود که مقادیر عملکرد برگ و مصرف آب مربوط به قطعه ۱۰۰۰ مترمربعی مورد آزمایش است.

@: The total area of this tea field (With the group operation) was 15 hectares, that the amount of green leaf yield and water consumption relate to 1000 m^2 is tested.

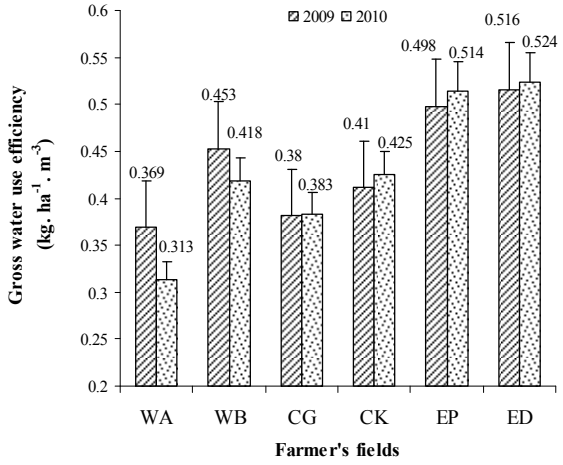
α: مقادیر عملکرد چای ساخته شده در این ستون مربوط به برداشت از قطعه ۱۰۰ مترمربعی به عنوان شاهد است.

α: Yield of made tea in this column relate to the harvest of 100 m^2 as control.



شکل ۳- میزان بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری

Fig. 3- Gross irrigation water productivity in irrigated tea fields



شکل ٤- میزان بهره‌وری آب ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری
Fig. 4- Gross water productivity in irrigated tea fields

جدول ٦- حجم آب آبیاری واقعی، تبخیر- تعرق، بهره‌وری آب آبیاری واقعی و بهره‌وری آب واقعی در باغ‌های چای تحت آبیاری
Table 6- Actual irrigation water volume, evapotranspiration, actual irrigation water productivity and actual water productivity in irrigated tea fields

نام باغ Farmer's fields	سال Year	آب آبیاری واقعی (متر مکعب) Actual irrigation water (m^3)	تبخیر- تعرق (میلی‌متر) ET* (mm)	بهره‌وری آب آبیاری واقعی (کیلوگرم بر هکتار بر مترمکعب) Actual irrigation WP$^{\alpha}$ ($kg.ha^{-1}.m^{-3}$)	بهره‌وری آب واقعی (کیلوگرم بر هکتار بر مترمکعب) Actual WP ($kg.ha^{-1}.m^{-3}$)
WA	2009	1070	427	0.574	0.426
	2010	1110	397	0.550	0.424
WB	2009	2458	566	0.698	0.566
	2010	3000	586	0.725	0.597
CG	2009	1832	573	0.632	0.442
	2010	1950	540	0.605	0.445
CK	2009	2100	600	0.663	0.485
	2010	1986	544	0.710	0.512
EP	2009	2540	562	0.707	0.561
	2010	3060	567	0.659	0.580
ED	2009	2792	587	0.711	0.573
	2010	3081	569	0.698	0.602
میانگین دو سالانه Average of 2 years		2248	543	0.661	0.518

*: تبخیر- تعرق (Evapotranspiration = ET) و α: بهره‌وری آب (Water productivity=WP)

به طور کلی، بهره‌وری آب در باغ‌هایی که دارای سیستم آبیاری بارانی ثابت- آب‌پاش متحرک بودند بیشتر از سایر سیستم‌های آبیاری حاصل گردید. بر این اساس پس از باغ ED بیشترین میزان بهره‌وری آب متعلق به باغ‌های EP و WB بود (با تلفات ۲۰ و ۳۴ درصدی آب آبیاری). برنامه آبیاری بهتر و مؤثرتر در ماه‌های تیر و مرداد (دوره خشکی) در این سه باغ سبب شد تا با تأمین نیاز آبی گیاه و تعدیل تنش‌های محیطی (دمای بالا و کمبود فشار بخار هوا) تا حد بسیار زیادی رشد و تولید شاخساره‌های چای افزایش و در نتیجه میزان بهره‌وری آب افزایش یابد.

کمترین میزان دو سالانه بهره‌وری آب واقعی (جدول ۶) و بهره‌وری آب ناخالص (شکل ۴) مربوط به باغ‌های WA، CK و CG بود. علی‌رغم این‌که باغ WA دارای سیستم آبیاری تمام ثابت بود اما

آبدهی کم منبع تأمین آب (چاه سطحی) و عدم تأمین مناسب نیاز آبی بوته‌های چای در دوره کم‌آبی (ماه‌های تیر و مرداد) سبب شد تا کمترین میزان عملکرد و در نتیجه بهره‌وری آب در این باغ حاصل شود. سیستم آبیاری در دو باغ CK و CG از نوع بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابه‌جایی دستی) بود. تلفات آب از محل اتصالات لوله‌های آلومینیومی (به ترتیب ۳۵ و ۳۲/۵ درصد) باعث شد تا با توجه به محدودیت دسترسی به آب در این دو باغ، آب آبیاری به اندازه نیاز گیاه تأمین نشود و رشد شاخساره‌های چای (عملکرد) و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یابد.

نتایج و مشاهدات مؤید این نظریه است که یکی از مهم‌ترین دلایل پایین بودن مقادیر بهره‌وری آب در این مناطق عدم استفاده از اصول علمی به‌زراعی و تدابیر صحیح برداشت چای و در نتیجه کاهش عملکرد است. از عوامل مهم دیگر مؤثر بر این کاهش می‌توان به قدیمی بودن و بهره‌برداری و نگهداری غیراصولی از سیستم آبیاری و در نتیجه افزایش میزان تلفات آب، همچنین به تأثیر میزان دانش فنی و مسائل اقتصادی کشاورزان اشاره نمود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میانگین حجم آب آبیاری مصرفی ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری حدود ۳۱۴۰ مترمکعب در هر هکتار است که از این میزان معادل ۸۹۲ مترمکعب آن (۲۸ درصد) به عنوان تلفات پاششی (ناشی از تبخیر) و نفوذ عمقی (ناشی از توزیع غیریکنواخت و نشت آب از شیر خودکارها و اتصالات دیگر آبیاری) محسوب می‌شود و در نتیجه میانگین حجم آب آبیاری واقعی برابر ۲۲۴۸ مترمکعب در هکتار خواهد بود (جدول ۶). با احتساب میانگین بارندگی مؤثر ۳۱۸ میلی‌متر در کل دوره رشد چای، میانگین تبخیر- تعرق (مجموع آب آبیاری مصرفی واقعی و بارندگی مؤثر) در این شرایط حدود ۵۴۳ میلی‌متر برآورد می‌شود (جدول ۶). با توجه به میانگین عملکرد چای ساخته شده در شرایط آبیاری (۲۸۴۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قطعه شاهد یا بدون آبیاری (۱۳۲۲ کیلوگرم در هکتار)، بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص به ترتیب برابر ۰/۴۳۹ و ۰/۴۵۵ مترمکعب در هکتار (شکل‌های ۳ و ۴) و بهره‌وری آب و آب آبیاری واقعی برابر ۰/۵۱۸ و ۰/۶۶۱ مترمکعب در هکتار (جدول ۶) برآورد گردید. نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که با مصرف بهینه آب و کود و اعمال مدیریت داشت و تدابیر برداشت اصولی و مناسب می‌توان بهره‌وری آب را تا حدود ۰/۷۲ کیلوگرم چای ساخته شده بر مترمکعب ارتقاء داد (Majd Salimi, 2012).

به طور کلی می‌توان بیان کرد که با در نظر گرفتن سطح زیر کشت و نیاز آبی (حجم آب مصرفی) گیاه چای در مناطق چای‌کاری شمال کشور، بدیهی است که عدد حاصل برای گیاه چای با مقدار واقعی متوسط بهره‌وری آب کشوری و کشورهای چای‌خیز متفاوت بوده و مقدار آن کمتر به دست آمد و گویای آن است که شاخص مذکور در مناطق چای‌کاری در سال‌های اخیر، ارتقاء نیافته و ذکر عدد تقریبی ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای شاخص کارآیی بر اساس نتایج حاصله از متوسط مصرف آب کشاورزی ایران (Hedari et al., 2006)، شاید صحیح نبوده و این عدد برای گیاه چای کم‌تر می‌باشد. نتایج بررسی همچنین نشان داد که مهم‌ترین عامل در افزایش بهره‌وری آب، مدیریت باغی به خصوص داشت و برداشت بوده و مهارت و دانش فنی کشاورزی، نقش کلیدی در این زمینه ایفا می‌نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری تکمیلی به روش بارانی می‌تواند باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری آب به ترتیب به میزان ۱۵۹ و ۲۹ درصد نسبت به باغ‌های دیم (بدون آبیاری) شود. بهره‌وری آب و آب آبیاری در باغ‌هایی که دارای سیستم آبیاری ثابت- آب‌پاش متحرک بودند بیشتر از سایر سیستم‌ها به دست آمد. بنابراین، برای تولید اقتصادی محصول و بهینه‌سازی مصرف آب در باغ‌های چای ضروری است تا از سیستم آبیاری بارانی برای تأمین نیاز آبی در ماه‌های کم‌آبی (تیر و مرداد) استفاده گردد. هم‌چنین، اعمال مدیریت صحیح داشت و برداشت به خصوص استفاده از بقایای هرس سالیانه به عنوان خاک‌پوش به منظور افزایش بهره‌وری آب در باغ‌های چای، بسیار ضروری است.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مصوب با عنوان "برآورد شاخص کارآیی مصرف آب در باغ‌های چای و بررسی مسایل فنی و مدیریتی لازم به منظور بهبود آن" به شماره ثبت ۸۸۰۰۶-۲۱-۲۱-۲ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی است که با امکانات مرکز تحقیقات چای کشور در

مناطق مختلف چای‌کاری استان گیلان اجرا گردیـد. بـدین وسـیله از تمامی دوستان همکار در اجرای پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Anonymous. 2008. Tea-Black Tea-Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No. 623, 9 pp. (In Persian)

Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. I. Water relations. Experimental Agriculture 46(3): 327-349.

Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. II. Water productivity. Experimental Agriculture 46(3): 351-379.

Hedari, N., Eslami, A., Ghadami Furouzabadi, A., Kanoni, A., Asadi, M.E., and Khajeh Abdollahi, M.H. 2006. Determination and evaluation of agricultural water productivity of some major crops in different regions of Iran (Regions: Kerman, Hamedan, Moghan, Golestan, Khuzestan). Agricultural Engineering Research Institute, Iran 85 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 133 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K. 2008. Investigation and study of irrigation systems development and water use efficiency problems in tea fields. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 60 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., Salvatian, S.B., and Rezaeii, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran. Journal of Water and Soil 24(6): 1129-1141. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., and Mirlatifi, S.M. 2008. Tea (*Camellia sinensis* L.) yield response to irrigation and nitrogen fertilizer applications, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 12(44): 39-50. (In Persian with English Summary)

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., and Makin, I. 2001. A water productivity framework for understanding and action. Workshop on Water Productivity. Wadduwa, Sri Lanka, 12-13 November 2001.

Stephens, W., Burgess, P.J., and Carr, M.K.V. 1994. Yield and water use of tea in southern Tanzania. Aspects of Applied Biology 38: 228-230.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experimental Agriculture 27: 177-191.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experimental Agriculture 27: 193-210.

Tanton, T.W. 1982. Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia sinensis* L.). I. Effects of air temperature. Experimental Agriculture 18: 47-52.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 202-214

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۱۴-۲۰۲

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود)

حنانه آقاصفری[1*] و محمد قربانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۲۹

چکیده

هدف این مطالعه بررسی مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده با استفاده از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و بهره‌گیری از مدل توبیت به روش دو مرحله‌ای هکمن می‌باشد. برای دستیابی به هدف مورد نظر تعداد ۱۰۰ پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، از کشاورزان حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود شهرستان مشهد در سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که سن، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری مثبت و جنسیت، کل سطح زیر کشت، شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر تصمیم به تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده هستند. همچنین سن، نوع فعالیت کشاورزی، محصولات زیر کشت، کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه، از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری مثبت و پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده هستند. نتایج همچنین نشان داد که میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در هکتار در طول سناریوها افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌های مطالعه، پیشنهادهایی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آب آلوده، ارزش‌گذاری مشروط، مدل توبیت، مشارکت مالی کشاورزان

مقدمه

توسعه کشاورزی برای پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا، امری اجتناب‌ناپذیر است. اما در کنار آن، پیامدهایی ناخواسته و نامطلوب برای زندگی انسان‌ها و محیط زیست رخ می‌دهند که نیازمند چاره‌جویی و اصلاح می‌باشند. از جمله مهم‌ترین پیامدهای نامطلوب توسعه کشاورزی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است (Ongley, 2003). در ارتباط با منابع آلاینده آب به ویژه در بخش کشاورزی مطالعات متعددی توسط حبیب‌زاده (Habibzadeh, 2005)، ناصری و همکاران (Naseri et al., 2006)، فاریابی و همکاران (Faryabi et al., 2006) و ناصری و علیجانی (Naseri & Alijani, 2007) به ترتیب در شمال دریاچه ارومیه، حوضه آبخیز قره‌سو (گلستان)، دشت باغ ملک و دشت ایذه خوزستان انجام شده است که نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بر اثر استفاده از کود و سموم شیمیایی در این مناطق تغییرات سطح آنیون‌ها و به ویژه نیترات در اندازه‌گیری‌ها قابل رؤیت می‌باشد.

سموم و کودهای شیمیایی از زمین‌های کشاورزی به منابع آب راه پیدا می‌کنند که حدود ۱۵ درصد علت آلودگی آب را شامل می‌شود. سموم کشاورزی به طور مستقیم بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند ولی در مورد کودهای آلی وقتی این کودها به مقدار زیاد وارد خاک گردد، مازاد آن توسط آب‌های خروجی و به طریق زهکشی وارد رودخانه‌ها و یا دریاچه‌ها شده و با تأمین غذای جلبک‌ها باعث رشد سریع آن‌ها می‌شود. تجزیه این مواد سبزینه‌ای اکسیژن آب را مصرف و باعث مرگ موجودات آبزی شده و تدریجاً آب‌های ساکن با اجساد آن‌ها اشغال می‌گردد و سپس تجزیه توسط باکتری‌های هوازی آغاز می-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: h.aghasafari@yahoo.com)

شود. با کاهش اکسیژن باکتری‌های بی‌هوازی فعال می‌شوند که نتیجه فعالیت این باکتری‌ها اصطلاحاً مرگ رودخانه است، نشانه‌هایی که به وسیله آن‌ها می‌توان شرایط بی‌هوازی یا مرگ رودخانه را تشخیص داد (Ali Hosseini, 2011). همچنین مطالعات نشان می‌دهد که دور ریزی مایعاتی مانند فاضلاب شهری، فاضلاب‌های صنعتی و فاضلاب سیستم‌های سپتیک خانگی به خصوص ریختن آن در زمین‌های کشاورزی و دفع قانونی و یا غیرقانونی آن‌ها در منابع آب و سر ریز شدن و یا خرابی سیستم‌های فاضلاب، باعث آلودگی آب می‌شود (Ongley, 2003). جذب این آب آلوده توسط گیاهان سبب تهدید سلامت انسان در بلند مدت و ایجاد حساسیت‌ها در کوتاه مدت می‌شود. نتایج مطالعه معین‌الدینی و همکاران (Moinoddini et al., 2014) روی اثرات زیست‌محیطی سموم حشره‌کش مصرفی ثبت شده در کشور در سه سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰، ۸۳-۱۳۸۲، ۸۴-۱۳۸۳ با استفاده از شاخص تأثیر زیست‌محیطی نشان داد که بر اساس شاخص تأثیر زیست‌محیطی، بیشترین مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از سوم حشره‌کش در کشور به دلیل عدم شناخت مناسب و استفاده بیش از اندازه معدودی از حشره‌کش‌ها می‌باشد.

رودخانه کشف‌رود به عنوان مهم‌ترین عارضه فیزیوگرافی دشت مشهد، زهکش اصلی حوضه آبریز محسوب می‌گردد. این رودخانه یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های شمال شرق ایران محسوب می‌شود و نقش مهمی در تعادل زیستی، اکولوژی، اقتصادی و اجتماعی منطقه دارد. کاهش آبدهی مسیر رودخانه از یک سو و ورود انواع منابع آلاینده به داخل آن از سوی دیگر وضعیت کیفی آب رودخانه را در وضع موجود به مخاطره انداخته است. از جمله منابع آلاینده این رودخانه پساب کشاورزی اراضی حاشیه رودخانه و پساب حاصل از جوامع روستایی است که کشاورزان در ایجاد این آلاینده‌ها و آلودگی رودخانه دخیل هستند (Lashkaripour et al., 2010).

آلودگی آب رودخانه و در نتیجه آثار سوء این نوع رفتار منجر به تهدید سلامت انسان، سلامت آب و خاک و تهدید امنیت غذایی (کمیت و کیفیت تولید) می‌شود که لزوم مدیریت مطلوب در این حوزه را از طریق اصلاح این فرآیندها با مشارکت خود کشاورزان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، باید به نوعی رفتار کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد که در نهایت بتواند اصلاح یا کاهش آثار سوء زیست‌محیطی را در بر داشته باشد. به همین دلیل در این مطالعه تلاش می‌شود مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد. مطالعات داخلی و خارجی محدودی در ارتباط با هدف مطالعه انجام شده است که از اهم آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: چراغی (Cheraghi, 2013) به بررسی عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت کشاورزان مشهد برای بهبود کمیت و کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از الگوی توبیت و داده‌های مقطع زمانی ۱۹۵ نفر از کشاورزان در سال ۱۳۹۰ پرداختند. نتایج نشان داد که سن، درآمد کل، روش انتقال آب به شکل موتور پمپ، تغییر الگوی کشت و الگوی کشتی متناسب با منطقه بر میزان حداکثر تمایل به پرداخت برای افزایش کمیت آب زیرزمینی توسط کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس تأثیر معنی‌دار دارند. مالکیت اراضی بر میزان حداکثر تمایل به پرداخت برای بهبود کیفیت آب زیرزمینی توسط کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس تأثیر معنی‌داری دارند. میانگین حداکثر تمایل به پرداخت برای افزایش کمیت آب زیرزمینی در واحد حجم در سه گروه کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس به ترتیب ۳۰۹/۱۶، ۳۲۸/۳۶ و ۳۵۹/۶۱ ریال در هر مترمکعب می‌باشد. تانگ و همکاران (Tang et al., 2013) تمایل به پرداخت برای آب آبیاری در شمال شرقی چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط و تخمین مدل لاجیت نشان داد که خانوارها تمایل به پرداخت پایینی دارند. همچنین متغیرهای اندازه خانوارها و میزان قیمت پیشنهادی تأثیر منفی و متغیرهای درآمد، ناحیه مورد آبیاری (زمین)، نوع منبع آبیاری مورد استفاده، میزان رضایت از مدیریت آبیاری تأثیر مثبت و معناداری بر تمایل به پرداخت برای آب آبیاری دارند در حالی‌که متغیرهای جنسیت، سن و تحصیلات تأثیر معنی‌داری بر تمایل به پرداخت ندارد.

بایدو و همکاران (Baidoo et al., 2013) به بررسی و تخمین تمایل به پرداخت کشاورزان برای دسترسی به آب بهبود یافته برای کشاورزی در ناحیه شمال شرقی غنا پرداختند. نتایج با استفاده از آمار توصیفی و تخمین مدل رگرسیون لوجستیک نشان داد که ۷۹/۵ درصد پاسخگویان مایل به پرداخت برای بهبود سیستم آبیاریشان هستند. همچنین نوع محصول و متغیر مجازی فصل تأثیر مثبت و نوع خاک تأثیر منفی و معناداری بر تمایل به پرداخت دارد. در حالی‌که متغیرهای جنسیت، شغل اصلی، اندازه خانوار، تحصیلات، ناحیه تحت کشت و سایر فعالیت‌های اقتصادی تأثیر معناداری بر تمایل به پرداخت ندارد. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2011) در

مطالعه‌ای به ارزیابی منافع حاصل از کاهش آلودگی نیترات در آب‌های مصرفی شالی‌کاران استان گیلان با روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند. یافته‌ها مشارکت مالی ۵۴ درصد از بهره‌برداران در بهبود کیفی آب را نشان می‌دهد. به منظور انتفاع کشاورزان از سطوح پایین-تر آلودگی آب، میزان انتظاری تمایل به پرداخت معادل ۳۹۴۰۶۹ و ۴۳۷۸۵۵ ریال برای هر خانوار و در هر هکتار برآورد شده است. باغستانی و زیبایی (Baghestani & Zibaee, 2011) به اندازه‌گیری تمایل به پرداخت کشاورزان برای آب‌های زیرزمینی در منطقه مرودشت (دشت رامجرد) با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند. نتایج حاصل از تخمین الگوی رگرسیونی با استفاده از روش حداکثر (بیشینه) راست‌نمایی فاصله‌ای نشان داد که میانگین کلی تمایل به پرداخت ۹۴۷ ریال بر مترمکعب است. هم‌چنین نتایج نشان دادند که تمایل به پرداخت کشاورزانی که به طور تلفیقی از منبع آب زیرزمینی و آب سطحی استفاده می‌کنند کم‌تر از کشاورزانی است که فقط آب‌های زیرزمینی را در اختیار دارند. الگوی کشت، سطح زیر کشت شلتوک، درآمد و سن کشاورز و پراکندگی اراضی اثر معناداری بر تمایل به پرداخت نشان داده‌اند.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بیش‌تر این مطالعات به آلودگی آب‌های زیرزمینی توجه داشته‌اند و تمایزی بین عوامل مؤثر بر تصمیم به تمایل به پرداخت و عوامل مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت قائل نشده‌اند. بنابراین این مطالعه تلاش می‌کند با استفاده از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و الگوی توبیت، مشارکت مالی کشاورزان و عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت و میزان مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار دهد. این مهم خود شاخصی از درجه اهمیت آب به عنوان منبع پایه‌ای تولید محصولات کشاورزی را از منظر کشاورزان نشان می‌دهد که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های این حوزه مورد توجه برنامه‌ریزان این حوزه قرار گیرد و از مشارکت‌های مالی به عنوان ابزار اصلاح شرایط موجود آب و خاک استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای بررسی مشارکت مالی (تمایل به پرداخت) از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است. در این رهیافت، تمایل به پرداخت (WTP[1]) افراد برای حفظ وضع موجود و یا ایجاد تغییری مثبت در محیط زیست و همچنین تمایل به دریافت (WTA[2]) آن‌ها برای جبران از دست دادن یک منفعت زیست‌محیطی یا افزایش یک ضرر زیست‌محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این رهیافت، هر دو ارزش قابل استفاده و غیر قابل استفاده قابل ارزیابی هستند و به دلیل این ویژگی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pearce & Turner, 1990).

ارزش کالا و یا خدمت در روش ارزش‌گذاری مشروط، از طریق یک تکنیک استخراج، که مؤلفه مهم هر روش ارزش‌گذاری مشروط است، به دست می‌آید (Mitchell & Carson, 1989; Portney, 1994). تکنیک استخراج در مطالعات ارزش‌گذاری مشروط انواع مختلفی دارد. تاکنون از چهار نوع اصلی تکنیک‌های (رهیافت‌های) استخراج، موسوم به بازی پیشنهاد (BG[3])،کارت پرداخت (PC[4])، انتها باز یا سؤالات نامحدود (OE[5]) و انتخاب دو بخشی (DC[6])، در ادبیات موضوعی روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است (Boyle et al., 1996).

در این مطالعه به دلیل آن‌که کشاورزانی که مورد پرسش قرار گرفتند از اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده آگاه بودند و با پرداخت برای کاهش این آثار آشنا بودند، از تکنیک انتها باز استفاده شد. در واقع تکنیک انتها باز ساده‌ترین روشی است که می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این روش از فرد خواسته می‌شود تا بیشینه میزان مورد نظرش را گزینش و اعلام کند. در عین حال، تحلیل داده‌های به دست آمده از این روش بسیار ساده است.

به منظور بررسی مشارکت مالی کشاورزان در چارچوب تمایل به پرداخت برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده از الگوی توبیت به روش دو مرحله‌ای هکمن استفاده شده است. دلیل اصلی بهره‌گیری از این الگو، نقص الگوهای لاجیت و پروبیت در تمایز بین عوامل مؤثر بر اقدام به تصمیم و عوامل مؤثر بر میزان فعالیت است (Darijani, 1999; Tobin, 1958).

در الگوی توبیت زمانی می‌توان متغیر وابسته را مشاهده کرد که مقدار آن از حد خاصی بالاتر یا پایین‌تر باشد (Mcdonald &

1- Willingness to pay
2- Willingness to accept
3- Bidding game
4- Payment card
5- Open ended
6- Dichotomous choice

Moffitt, 1982). الگوی توبیت برآورد شده برای کشاورزان به صورت زیر است:

معادله (۱)

$$C_i^* = \beta' X_i + \varepsilon_i^* \quad C_i = C_i^* \quad if \quad C_i^* > 0$$
$$C_i = 0 \quad if \quad C_i^* \le 0$$

که در آن، β': بردار ارزش مشخصه‌ای، X_i: یک بردار رگرس‌کننده بیان‌گر متغیرهای توضیحی مدل شامل سن، جنسیت، تحصیلات، شغل اصلی، تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی، نوع فعالیت کشاورزی، پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، محصولات زیرکشت، کل سطح زیرکشت، کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشد. ε_i^*: نیز جز اخلال است. برای کشاورزی که تمایل به مشارکت دارد، C_i^*: سطح واقعی تمایل به مشارکت مالی است و برای کشاورزی که تمایل به مشارکت مالی ندارد، C_i^* صفر است.

برای ساخت شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، سه دیدگاه مبنی بر این‌که جلوگیری از شستشوی خاک موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود، جلوگیری از شستشوی خاک موجب کاهش آلودگی آب می‌شود و جلوگیری از شستشوی خاک موجب افزایش طول عمر سدها می‌شود، مطرح شد و میزان موافقت کشاورزان از کاملاً مخالفم تا کاملاً موافقم به ترتیب از یک تا پنج امتیازدهی شد. سپس مجموع امتیازهای این سه دیدگاه بر مجموع حداکثر میزان امتیاز سه دیدگاه تقسیم شد و مقدار به دست آمده به عنوان مقدار شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک به حساب آمد. همین‌طور برای شاخص موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، مجموع امتیازهای چهار دیدگاه مبنی بر این‌که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی موجب آلودگی آب می‌شود، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی موجب آلودگی خاک می‌شود، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی تهدیدی برای سلامتی انسان می‌باشد و استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی تهدیدی برای حشرات مفید می‌باشد، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز چهار دیدگاه تقسیم شد. برای شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود نیز، مجموع امتیازهای سه دیدگاه مبنی بر این‌که سیستم تصفیه فاضلاب از کارآیی لازم برخوردار نمی‌باشد، فاضلاب‌های شهری وارد کشف‌رود می‌شود و فاضلاب‌های روستایی وارد کشف‌رود می‌شود، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز سه دیدگاه تقسیم شد. همچنین شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس از تقسیم مجموع امتیازهای دو دیدگاه مبنی بر این‌که آبی که برای کشاورزی استفاده می‌کنید، از کیفیت خوبی برخوردار است و خاکی که برای کشاورزی استفاده می‌کنید، از کیفیت خوبی برخوردار است، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز دو دیدگاه به دست آمد و برای شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک نیز مجموع امتیازهای دو دیدگاه مبنی بر این‌که سرمایه‌گذاری برای حفظ منابع طبیعی به منظور استفاده جامعه و نسل‌های آینده ضرورت دارد و لو بخشی از درآمدها و استانداردهای زندگی ما از دست برود و داشتن پول زیاد برای من مهم‌تر از حفظ آب و خاک حوضه کشف‌رود است هر قدر هم که ثروتمند باشم، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز دو دیدگاه تقسیم شد.

مادالا (Madalla, 1983) معتقد است مشاهدات بالاتر از آستانه سانسور می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

معادله (۲)

$$E(C_i) = E(C_i | C_i^* > 0) = \beta' X + E(\varepsilon_i | \varepsilon_i > -\beta' X_i)$$
$$E(C_i | C_i^* > 0) = \beta' X + \delta \frac{\phi(\beta' X_i/\delta)}{\Phi(\beta' X_i/\delta)}$$

به گونه‌ای که $\Phi(\beta' X_i/\delta)$ و $\phi(\beta' X_i/\delta)$: به ترتیب تابع چگالی نرمال استاندارد و تابع چگالی تجمعی نرمال استاندارد در مقدار $(\beta' X_i/\delta)$ هستند. سمت چپ عبارت در معادله (۲) یعنی ارزش پیش‌بینی C_i^* را زمانی که $-\beta' X_i > 0$ باشد، نشان می‌دهد. $E(\varepsilon_i | \varepsilon_i > -\beta' X_i)$ در معادله (۲)، امید ریاضی جز خطاست، زمانی که از $-\beta' X_i$ بزرگ‌تر باشد.

تصریح توبیت این امکان را فراهم می‌آورد که تصمیمات مرتبط با تمایل به مشارکت مالی و سطوح مشارکت مالی برای انجام تصمیم به تمایل به مشارکت مالی مورد توجه قرار گیرد. مک دونالد و موفیت (Mcdonald & Moffitt, 1982) رابطه میان کل مشاهدات، میانگین مشاهدات بالای نقطه سانسور متغیر وابسته و احتمال بالای نقطه سانسور بودن را به صورت زیر بیان کردند.

معادله (۳)

$$E(C_i) = \Phi(Z) E(C_i^*)$$

معادله (۴) $$Z = \frac{\beta' x_i}{\delta}$$

روش دو مرحله‌ای هکمن بر این فرض استوار است که مجموعه‌ای از متغیرها تصمیم کشاورزان در مورد تمایل به مشارکت مالی و مجموعه دیگر میزان مشارکت مالی را پس از اتخاذ تصمیم تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این رهیافت، در مرحله اول الگوی پروبیت با استفاده از روش حداکثر راستنمایی برآورد می‌شود و عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی را بررسی می‌کند. برای برآورد الگوی پروبیت، مشاهدات مربوط به متغیر وابسته در بالای آستانه سانسور مساوی یک و سایر مشاهدات در پایین آستانه سانسور مساوی صفر قرار داده می‌شوند:

معادله (۵) $$Y_i = \beta' X_i + U_i \quad if \quad \begin{cases} i = 1 & Y_i > 0 \\ i = 0 & otherwise \end{cases}$$

در هنگام برآورد الگوی پروبیت، عکس نسبت میلز که برای برآورد مرحله دوم ضروری است نیز برآورد می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، متغیرهای مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت از طریق معادله رگرسیونی زیر بررسی می‌شود:

معادله (۶) $$Y_i = \beta' X_i + \delta\, imr + U_i$$

در مرحله دوم مجدداً مقادیر متغیر وابسته به حالت پیش از تغییر در مرحله اول تبدیل می‌شوند و مشاهداتی که متغیر وابسته آن‌ها در پایین آستانه سانسور قرار دارد، از جریان برآورد حذف می‌شوند.

در این مطالعه برای دستیابی به نمونه مطلوب متناسب با اهداف مطالعه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. دلیل استفاده از این روش آن است که جامعه مورد بررسی از تجانس و همگونی برخوردار بود. در نتیجه امکان استفاده از روش‌های دیگر مانند طبقه‌ای و ... وجود نداشت. همچنین برای تعیین تعداد نمونه‌ها از رابطه کوکران (Cochran, 1963) بهره گرفته شد. با توجه به این‌که حجم جامعه آماری (تعداد کشاورزان حوضه آبخیز کشف‌رود در سال ۱۳۹۲) به طور دقیق مشخص نیست. از این‌رو، به منظور تعیین حجم نمونه از رابطه زیر استفاده شد:

معادله (۷) $$n = \frac{t^2 s^2}{d^2}$$

در این رابطه، n: تعداد نمونه، d: دقت احتمالی مطلوب، s: انحراف معیار و آماره t برابر ۱/۹۶ می‌باشد. برای تعیین تعداد نمونه، یک پیش مطالعه انجام شد که در آن ۲۰ پرسشنامه تکمیل شد. نتایج بررسی این پیش مطالعه نشان داد که واریانس صفت مورد مطالعه (تمایل به پرداخت) برابر با ۰/۲۶ می‌باشد. بر این اساس با استفاده از رابطه فوق، حجم نمونه کل در این مطالعه با سطح خطای پنج درصد، ۱۰۰ تعیین شد. بنابراین، ۱۰۰ نفر از کشاورزان حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود به طور تصادفی انتخاب شده و کلیه پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه حضوری در سال ۱۳۹۲ تکمیل شد.

نتایج و بحث

نتایج مطالعه نشان داد که کشاورزان مورد بررسی به طور میانگین ۴۸ سال سن دارند. ۹۵ درصد آنان مرد هستند. به طور متوسط تقریباً پنج کلاس سواد دارند. کشاورزی شغل اصلی ۹۹ درصد آن‌ها را تشکیل می‌دهد. در خانواده آن‌ها تقریباً دو نفر فعالیت کشاورزی دارند. ۸۵ درصد آن‌ها به فعالیت زراعت مشغول‌اند و بقیه آن‌ها به باغداری می‌پردازند. آن‌ها به طور متوسط ۹۲۵۰۰۰ ریال پس‌انداز خالص دارند. ۶۹ درصد آن‌ها مالک زمین‌های خود می‌باشند. تنها ۱۴ درصد کشاورزان مورد بررسی تجربه انجام عملیات حفاظت خاک و آب را داشته‌اند. کشاورزان به طور متوسط سالانه دو محصول را در زمین خود کشت می‌کنند. کل سطح زیر کشت اختصاصی به محصولات به طور میانگین یک هکتار است. آن‌ها سالانه به طور متوسط حدود ۱۳ کیسه ۵۰ کیلویی کود شیمیایی و حدود پنج لیتر سموم شیمیایی مصرف می‌کنند.

در این مطالعه پنج سناریوی متفاوت لحاظ شده است. در هر سناریو برای مؤلفه‌های آلودگی آب، آلودگی خاک، تهدید سلامت انسان و تهدید حشرات مفید درصدهای متفاوتی از درجه تأثیرگذاری کاهش اثرات سوء آب آلوده در نظر گرفته شده است. کشاورزان در هر سناریو با توجه به کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی مربوط به آن سناریو، میزان مشارکت مالی خود را برای هر هکتار بیان نمودند. به طور مثال، در رابطه با سناریوی پنج از کشاورزان سؤال شد اگر آبی وجود داشته باشد که مصرف آن به کاهش ۸۰ درصدی آلودگی آب، کاهش ۸۰ درصدی آلودگی خاک، کاهش ۹۰ درصدی تهدید سلامت انسان و کاهش ۹۰ درصدی تهدید حشرات مفید منجر شود، آن‌گاه میانگین مشارکت مالی برای هر لیتر آب همسو با محیط زیست چقدر می‌شود.

نتایج مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین حداکثر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در هکتار در سناریوهای یک تا پنج به ترتیب ۱۳۴۵۰۰، ۱۷۹۵۰۰، ۲۲۵۵۰۰، ۲۷۱۰۰۰ و ۳۵۴۵۰۰ ریال می‌باشد.

جدول ۱- بررسی مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 1- Investigation of farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

اثرات Effects	سناریوها Scenarios				
	سناریو ۱ Scenario 1	سناریو ۲ Scenario 2	سناریو ۳ Scenario 3	سناریو ٤ Scenario 4	سناریو ٥ Scenario 5
کاهش آلودگی آب Reducing water pollution	20%	30%	50%	70%	80%
کاهش آلودگی خاک Reducing soil pollution	10%	30%	50%	70%	80%
کاهش تهدید سلامت انسان Reducing threaten human health	50%	70%	80%	85%	90%
کاهش تهدید حشرات مفید Reducing threaten beneficial insects	50%	70%	75%	75%	90%
متوسط مشارکت مالی (ریال در هکتار) Average financial participation ($Rial.ha^{-1}$)	134500	179500	225500	271000	354500

این بیانگر آن است که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوها افزایش می‌یابد و کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست-محیطی آب آلوده مایل به پرداخت مبلغ بیشتری هستند.

مرحله اول هکمن

نتایج حاصل از برآورد الگوی پروبیت (مرحله اول) در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب تعیین مک فادن (R^2) در این الگو در سناریوی یک برابر ۰/۳۵ است. درصد صحت پیش‌بینی مدل که ۸۱ درصد می‌باشد، رقم مطلوبی را نشان می‌دهد. مقدار آماره نسبت راستنایی (LR) که معنی‌داری کلی رگرسیون را نشان می‌دهد، بیانگر آن است که الگوی برآوردی از لحاظ آماری معنی‌دار است. آماره آزمون واریانس ناهمسانی نیز نشان‌دهنده رد نشدن فرضیه صفر مبنی بر وجود واریانس همسانی می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در سناریوی یک متغیرهای جنسیت، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک و ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب در سطح ده درصد، شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک در سطح پنج درصد و متغیرهای سن، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، کل سطح زیر کشت و شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و مؤثر بر تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشند. بر این اساس کشاورزان زن نسبت به کشاورزان مرد تمایل بیش‌تری به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارند. علت این رابطه را می‌توان مربوط به اختلاف فیزیولوژیکی میان مردان و زنان در ایجاد انگیزه برای تمایل به پرداخت و اهمیت بیش‌تر محیط زیست برای آن‌ها دانست.

تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه بر تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد کشاورزانی که سم بیش‌تری در سال مصرف می‌کنند هزینه بیش‌تری بابت خرید سم پرداخت می‌کنند بنابراین تمایل کم‌تری دارند که هزینه‌ای هم بابت کاهش اثرات سوء آب آلوده پرداخت کنند.

تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد که کشاورزان معتقدند که اگر از شستشوی خاک جلوگیری شود این امر منجر به کم‌تر آلوده شدن آب می‌شود و در نتیجه تمایل کم‌تری به مشارکت مالی دارند. تأثیر مثبت و معنی‌دار شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می-دهد ابراز و آگاهی کشاورزان از ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود منجر به نگرانی نسبت به اثرات سوء این آب آلوده

شده و تمایل به مشارکت مالی بیشتری را برای کاهش اثرات سوء آن ایجاد می‌کند. تأثیر منفی شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده بیانگر آن است که کشاورزان به دلیل داشتن درآمد پایین تمایل کم‌تری به سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک دارند. تأثیر مثبت و معنی‌دار متغیر سن بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده بیانگر آن است که با افزایش سن عموماً افراد خطر گریزتر می‌شوند و در نتیجه با پرداخت برای کاهش اثرات سوء آب آلوده به دنبال راهی در جهت کاهش اثرات سوء آب آلوده بر محیط زیست و سلامت خود هستند.

نتایج جدول ۲ نشان داد کشاورزانی که تجربه انجام عملیات حفاظتی آب و خاک را دارند تمایل کم‌تری به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده خواهند داشت. چرا که این کشاورزان قبلاً این عملیات را انجام داده‌اند در نتیجه کم‌تر تمایل به مشارکت و پرداخت دگر بار برای کاهش اثرات سوء آب آلوده خواهند داشت. تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر کل سطح زیر کشت بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد کشاورزانی که سطح زیر کشت بیشتری دارند هزینه بیش‌تری هم برای خرید کود و سموم شیمیایی صرف می‌کنند، بنابراین کم‌تر تمایل دارند که هزینه‌ای را هم صرف کاهش اثرات سوء آب آلوده کنند. از دیگر نتایج جدول تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشد. در واقع چنان‌چه کشاورزان موافق باشند که آب و خاک در دسترس آن‌ها از کیفیت خوبی برخوردار است کم‌تر تمایل خواهند داشت که مبلغی را برای کاهش اثرات سوء آب آلوده پرداخت کنند.

بر اساس نتایج جدول ۲ و مقادیر اثر نهایی متغیرهای معنی‌دار در سناریوی یک، افزایش یک سال به سن کشاورزان، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۰۲۳ واحد افزایش می‌دهد. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن ۰/۴۹ واحد کم‌تر است. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان دارای تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک نسبت به کشاورزانی که این تجربه را ندارند، ۰/۴۴ واحد کم‌تر است. همچنین با افزایش یک هکتار به زمین کشاورزان، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان ۰/۲۲ واحد کاهش می‌یابد. با افزایش یک لیتر سم مصرفی سالانه کشاورزان، احتمال تمایل مشارکت مالی کشاورزان ۰/۰۲۸ واحد افزایش می‌یابد. افزایش یک واحدی موافقت کشاورزان با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۲ واحد کاهش می‌یابد. با افزایش یک واحد موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان ۰/۷۲ واحد افزایش می‌یابد. یک واحد افزایش در موافقت کشاورزان با کیفیت مطلوب آب و خاک، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان ۱/۹۷ واحد کاهش می‌یابد و چنان‌چه یک واحد موافقت کشاورزان با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک افزایش یابد، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان ۰/۹۲ واحد کاهش می‌یابد.

نتایج مربوط به کشش در میانگین و کشش وزنی در جدول ۳ نشان داده شده است. از آن‌جا که کشش‌ها توابعی غیر خطی از مقادیر مشاهدات می‌باشند هیچ تضمینی وجود ندارد که تابع پروبیت از میانگین نمونه‌ها عبور نماید. بدین لحاظ محدودیتی در استفاده از کشش در میانگین وجود دارد (Whistler, 1999). بنابراین، در این مطالعه به تفسیر کشش کل وزنی پرداخته می‌شود. در سناریو یک، با فرض ثابت بودن سایر عوامل در خصوص تفسیر هر یک از متغیرها، با افزایش یک درصدی سن، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء سم شیمیایی ۲/۱۱ درصد افزایش می‌یابد. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن به میزان ۰/۶ درصد کم‌تر است. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزانی که تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک داشته‌اند نسبت به سایر کشاورزان ۰/۶۳ درصد کم‌تر است. یک درصد افزایش در سطح زیر کشت، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۷ کاهش می‌دهد. یک درصد افزایش در میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۲۶ درصد افزایش می‌دهد. یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را به ترتیب ۰/۸۱۶۱، ۲/۲۹ و ۱/۰۵ درصد کاهش می‌دهد و یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان به ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان را ۱/۰۰۰۹ درصد افزایش می‌دهد.

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد مرحله اول (مدل پروبیت) روش دو مرحله‌ای هکمن برای تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 2- The estimation results of first stage Heckman two-stage approach (probit model) to determine the farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل **Independent variables**	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ۴ Scenario 4		سناریو ۵ Scenario 5	
	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**
سن Age	0.066^{***}	0.023	0.056^{***}	0.022	0.06^{***}	0.024	0.075^{***}	0.028	0.069^{***}	0.024
جنسیت Sex	-0.99^{*}	-0.37	-1.59^{**}	-0.47	-1.38^{*}	-0.402	-0.69^{*}	-0.26	-0.79^{ns}	-0.21
تحصیلات Education	0.032^{ns}	0.011	0.033^{ns}	0.013	0.013^{ns}	0.0053	0.013^{ns}	0.0049	0.0053^{ns}	0.0019
شغل اصلی Main job	5.52^{ns}	0.25	5.35^{ns}	0.46	5.21^{ns}	0.52	4.42^{ns}	0.64	5.05^{ns}	0.69
تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Number of family members employed in agriculture	0.109^{ns}	0.037	0.16^{ns}	0.064	0.29^{*}	0.11	0.084^{ns}	0.031	0.11^{ns}	0.039
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.29^{ns}	0.084	0.84^{*}	0.29	0.99^{*}	0.35	0.49^{ns}	0.19	0.5^{ns}	0.19
پس‌انداز خالص کشاورزی Net savings of agriculture	-6.5×10^{7ns}	-2.3×10^{7}	-1.8×10^{7ns}	-7.3×10^{7}	1×10^{7ns}	4.1×10^{7}	$1.5\times10^{6*}$	5.7×10^{6}	$1.5\times10^{6*}$	5.3×10^{6}
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.61^{ns}	-0.22	-0.21^{ns}	-0.82	-0.66^{ns}	-0.24	-1.85^{**}	-0.34	-1.49^{**}	-0.28
تجربه به‌کار گیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.17^{***}	-0.44	-0.55^{*}	-0.21	-0.33^{ns}	-0.13	0.35^{ns}	0.13	0.26^{ns}	0.096
محصولات زیرکشت Under cultivation crops	-0.0024^{ns}	-0.00084	-0.32^{*}	-0.13	-0.43^{**}	-0.17	-0.19^{ns}	-0.069	0.078^{ns}	0.027
کل سطح زیرکشت Total area under cultivation	-0.63^{***}	-0.22	-0.63^{***}	-0.25	-0.61^{***}	-0.24	-0.086^{ns}	-0.033	-0.15^{ns}	-0.054
کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of fertilizer per year	$-.0082^{ns}$	-0.0028	-0.0021^{ns}	-0.00082	-0.011^{ns}	-0.0044	-0.0086^{ns}	-0.0032	-0.00052^{ns}	-0.00018
کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of chemical pesticides	0.082^{*}	0.028	0.095^{*}	0.038	0.057^{ns}	0.023	-0.0024^{ns}	-0.00089	-0.018^{ns}	-0.0063
شاخص۱ Index 1	-1.2^{*}	-0.42	-0.98^{*}	-0.39	-0.98^{*}	-0.39	-1.68^{*}	-0.63	-1.24^{*}	-0.44
شاخص ۲ Index 2	-0.96^{ns}	-0.33	-0.78^{ns}	-0.31	-1.08^{ns}	-0.43	0.66^{ns}	0.25	1.66^{***}	0.59
شاخص ۳ Index 3	2.093^{*}	0.72	0.84^{ns}	0.33	1.54^{*}	0.61	2.93^{***}	1.09	2.17^{*}	0.77
شاخص ۴ Index 4	-5.68^{***}	-1.97	-5.52^{***}	-2.19	-5.67^{***}	-2.26	-5.58^{***}	-2.07	-5.24^{***}	-1.85
شاخص ۵ Index 5	-2.66^{**}	-0.92	-2.5^{**}	-0.99	-2.25^{*}	-0.89	-3.17^{***}	-1.18	-2.78^{***}	-0.98
عرض از مبدأ Intercept	-1.43^{ns}		0.016^{ns}		-0.25^{ns}		-1.10^{ns}		-3.69^{ns}	
آزمون نسبت راست‌نمایی Likelihood ratio test	46.63^{***}		38.58^{***}		37.78^{***}		42.16^{***}		37.96^{***}	
مک فادن R^2 Mcfadden R-square	0.35		0.28		0.27		0.32		0.29	
درصد صحت پیش‌بینی Percentage of right predictions	0.81		0.72		0.72		0.79		0.79	
آزمون واریانس ناهمسانی Heteroskedasticity test	17.21 (0.5)		23.2 (0.2)		16.37 (0.57)		18.8 (0.39)		16.64 (0.55)	

مقادیر داخل پرانتز مقادیر بحرانی (سطح معنی‌داری) را نشان می‌دهد. (* معنی‌دار در سطح ده درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد، *** معنی‌دار در سطح یک درصد و ns بی‌معنی)

Values in parentheses shows critical value (significance level). (* Significant level of 10 percent, ** Significant level of 5 percent, *** Significant level of 1 percent and ns non significant)

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indexes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect the soil and water.

جدول ۳- کشش‌های مرحله اول (مدل پروبیت) روش دو مرحله‌ای هکمن برای تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 3- The elasticity of first stage Heckman two-stage approach (probit model) for Farmers' decisions to financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل Independent variables	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ٤ Scenario 4		سناریو ٥ Scenario 5	
	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity
سن Age	3.69	2.11	2.31	1.6	2.27	1.62	2.08	1.5	1.71	1.29
جنسیت Sex	-1.09	-0.6	-1.31	-0.9	-1.04	-0.74	-0.53	-0.39	-0.38	-0.3
تحصیلات Education	0.2	0.11	0.15	0.1	0.056	0.039	0.04	0.029	0.014	0.011
شغل اصلی Main job	6.35	3.55	4.59	3.18	4.07	2.9	2.52	1.87	2.56	2.0092
تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Number of family members employed in agriculture	0.25	0.14	0.27	0.19	0.44	0.32	0.095	0.072	0.11	0.088
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.29	0.15	0.62	0.48	0.67	0.46	0.24	0.18	0.22	0.17
پس‌انداز خالص کشاورزی Net savings of agriculture	-0.07	-0.034	-0.015	-0.01	0.0076	0.0054	0.082	0.054	0.072	0.049
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.66	-0.36	-0.17	-0.11	-0.48	-0.34	-0.99	-0.75	-0.71	-0.57
تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.17	-0.63	-0.42	-0.28	-0.22	-0.16	0.17	0.13	0.11	0.089
محصولات زیرکشت Under cultivation crops	-0.0076	-0.0043	-0.75	-0.51	-0.91	-0.64	-0.29	-0.21	0.11	0.081
کل سطح زیرکشت Total area under cultivation	-0.83	-0.47	-0.62	-0.44	-0.54	-0.41	-0.058	-0.045	-0.089	-0.072
کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of fertilizer per year	-0.12	-0.074	-0.024	-0.016	-0.12	-0.084	-0.066	-0.048	0.0035	0.0026
کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of chemical pesticides	0.45	0.26	0.39	0.26	0.21	0.15	-0.0065	-0.0048	-0.043	-0.033
شاخص۱ Index 1	-1.12	-0.61	-0.68	-0.47	-0.62	-0.44	-0.78	-0.57	-0.51	-0.39
شاخص ۲ Index 2	-1.012	-0.56	-0.61	-0.42	-0.77	-0.55	0.35	0.26	0.76	0.6
شاخص ۳ Index 3	1.8	1.0009	0.54	0.37	0.9	0.63	1.25	0.91	0.82	0.64
شاخص ۴ Index 4	-4.23	-2.29	-3.06	-2.09	-2.86	-2.019	-2.06	-1.55	-1.72	-1.37
شاخص ۵ Index 5	-1.91	-1.05	-1.34	-0.92	-1.093	-0.77	-1.13	-0.82	-0.88	-0.68
عرض از مبدأ Intercept	-1.67	-0.92	0.014	0.0097	-0.019	-0.14	-0.63	-0.46	-1.89	-1.47

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indoxes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing of soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect soil and water.

مرحله دوم هکمن

نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول ۴ نشان می‌دهد بر اساس ضریب تعیین (R^2) در سناریوی یک، ۵۸ درصد تغییرات میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده توسط متغیرهای معنی‌دار مدل توضیح داده می‌شود. میزان آماره دوربین واتسون نشان از عدم وجود خودهمبستگی در رگرسیون برآورد شده دارد. آزمون نرمالیته نیز حاکی از نرمال بودن مدل دارد. حضور عکس نسبت میلز در رگرسیون خطی، ناهمسانی مدل را رفع می‌کند و استفاده از الگوی خطی را ممکن می‌سازد.

نتایج نشان می‌دهد در سناریو یک، متغیرهای نوع فعالیت کشاورزی، پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، کل میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی سالانه در سطح ده درصد و متغیرهای سن، جنسیت، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، تعداد محصولات زیرکشت، کل سطح زیرکشت، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به کشف‌رود و شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و مؤثر بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشند. معنی‌داری متغیر عکس نسبت میلز نیز مبین آن است که متغیرهای مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی با متغیرهای تعیین‌کننده میزان مشارکت مالی یکسان نیست و تأییدی برای استفاده از روش دو مرحله‌ای هکمن است.

بر اساس نتایج برآورد الگوی رگرسیونی، در سناریو یک، افزایش یک سال به سن کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها برای کاهش اثرات سوء آب آلوده را ۲/۹۴ واحد افزایش می‌یابد. اضافه شدن یک نفر به کشاورزان مرد، میزان مشارکت مالی آنان را ۱/۰۰۹۶ واحد کاهش می‌دهد. البته این میزان مشارکت مالی در سناریوهای چهار و پنج که اثرات سوء را بیش‌تر کم می‌کند، افزایش می‌یابد. چرا که در سطوح بالای کاهش اثرات سوء، کشاورزان مرد به دلیل توانایی مالی بیش‌تر، به میزان بیش‌تری نسبت به کشاورزان زن مشارکت مالی دارند. اضافه شدن یک کشاورز به زارعین، میزان مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۱ واحد افزایش می‌یابد. این امر به دلیل تماس مستقیم بیش‌تر محصولات زیر کشت زارعین با آب و بنابراین مهم‌تر بودن کیفیت آب برای زارعین و در نتیجه بیش‌تر بودن میزان مشارکت مالی آن‌ها دانست. یک واحد افزایش در پس‌انداز خالص کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۰۳۳ واحد کاهش می‌دهد. البته این کاهش در سطوح پایین کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده اتفاق می‌افتد و در سطوح بالاتر کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده، میزان مشارکت مالی افزایش می‌یابد. اضافه شدن یک نفر به مالکین زمین‌های کشاورزی، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۵۲ واحد کاهش می‌دهد. زیرا مالکین زمین‌های کشاورزی مدعی هستند که امکانات نگهداری و سالم‌سازی آب مصرفی خود را دارند، در نتیجه به میزان کم‌تری مشارکت مالی دارند.

نتایج جدول ۴ همچنین نشان می‌دهد افزایش تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک کشاورزان سبب کاهش ۱/۲۸ واحدی میزان مشارکت مالی آن‌ها می‌شود. در واقع کشاورزانی که عملیات حفاظتی آب و خاک را قبلاً انجام داده‌اند برای آب آلوده کم‌تر حاضرند مبلغی پرداخت کنند. همچنین اضافه شدن یک محصول به محصولات زیرکشت کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۶۹ واحد افزایش می‌دهد. علت این افزایش را می‌توان مربوط به افزایش درآمد حاصل از فروش محصول اضافه شده دانست که توانایی مالی کشاورزان را افزایش و در نتیجه میزان مشارکت مالی را افزایش می‌دهد. افزایش یک هکتار به سطح زیرکشت کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۶۴ واحد کاهش می‌دهد. علت این کاهش آن است که کشاورزانی که سطح زیر کشت بیش‌تری دارند از کود و سم بیش‌تری هم استفاده و هم هزینه بیش‌تری را صرف خرید این دو می‌کنند، در نتیجه به میزان کم‌تری تمایل دارند که پرداختی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده داشته باشند.

از دیگر نتایج جدول ۴ این است که افزایش یک کیسه کود شیمیایی به مصرف سالانه کود و یک لیتر سم شیمیایی به مصرف سالانه سم، میزان مشارکت مالی کشاورزان را به ترتیب به اندازه ۰/۱۸ و ۰/۲۱ واحد اضافه می‌کند. چرا که آن‌ها خود را در آلوده شدن آب سهیم می‌دانند بنابراین تمایل دارند میزان پرداختی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده را افزایش دهند. همچنین افزایش موافقت و آگاهی کشاورزان با ورود فاضلاب روستایی و شهری به کشف‌رود و کیفیت مطلوب آب و خاک، میزان مشارکت مالی آن‌ها را به ترتیب ۱/۷۷ واحد افزایش و ۳/۴۱ واحد کاهش می‌دهد. در واقع اگر کشاورزان از کیفیت آب و خاک راضی باشند، میزان کم‌تری تمایل دارند که بپردازند.

جدول ٤- نتایج حاصل از برآورد مرحله دوم (رگرسیون لگاریتمی) روش دو مرحله‌ای هکمن برای میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 4- The estimation results of second stage Heckman two-stage approach (Logarithmic regression) for the amount of farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل Independent variables	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ٤ Scenario 4		سناریو ٥ Scenario 5	
	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity
لگاریتم سن Log of age	2.94***	2.94	1.49***	1.49	1.15**	1.15	-0.46ns	-0.46	-0.33ns	-0.33
جنسیت Sex	-1/0096 ***	-0.092	-0.48*	-0.04	-0.28ns	-0.025	0.27ns	0.023	0.22ns	0.02
لگاریتم تحصیلات Log of education	0.097ns	0.097	0.016ns	0.016	0.017ns	0.017	0.49ns	0.49	0.045ns	0.045
لگاریتم تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Log of number of family members employed in agriculture	0.19ns	0.19	0.15ns	0.15	0.16ns	0.16	0.056ns	0.056	0.097ns	0.097
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.41*	0.03	0.54***	0.04	0.4*	0.03	0.12ns	0.009	0.13ns	0.009
لگاریتم پس‌انداز خالص کشاورزی Log of net savings of agriculture	-0.033*	-0.033	-0.006	-0.006	-0.008ns	-0.008	-0.008ns	-0.008	-0.0062ns	-0.0062
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.52*	-0.05	-0.025ns	-0.002	-0.33ns	-0.03	0.33*	0.03	0.39*	0.03
تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.28***	-0.09	-0.86***	-0.07	-0.34*	-0.028	-0.27*	-0.022	-0.13ns	-0.01
لگاریتم محصولات زیرکشت Log of under cultivation crops	0.69***	0.69	0.36**	0.36	0.31*	0.31	0.34**	0.34	0.16ns	0.16
لگاریتم کل سطح زیرکشت Log of total area under cultivation	-0.64***	-0.64	-0.47***	-0.47	-0.32**	-0.32	-0.07ns	-0.07	-0.0064ns	-0.0064
لگاریتم کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Log of total amount annual consumption of fertilizer per year	0.18*	0.18	0.025ns	0.025	0.084ns	0.084	0.043ns	0.043	0.029ns	0.029
لگاریتم کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Log of total amount annual consumption of chemical pesticides	0.21*	0.21	0.27***	0.27	0.1ns	0.1	0.071ns	0.071	-0.105*	-0.105
لگاریتم شاخص ۱ Log of index 1	-0.32ns	-0.32	-0.51*	-0.51	-0.12ns	-0.12	-0.25ns	-0.25	-0.18ns	-0.18
لگاریتم شاخص ۲ Log of index 2	-0.25ns	-0.25	-0.27ns	-0.27	-0.63ns	-0.63	-0.63*	-0.63	-0.89*	-0.89
لگاریتم شاخص ۳ Log of index 3	1.77***	1.77	1.39***	1.39	0.88*	0.88	0.34ns	0.34	0.39ns	0.39
لگاریتم شاخص ۴ Log of index 4	-3.41***	-3.41	-2.24***	-2.24	-1.85***	-1.85	0.27ns	0.27	0.38ns	0.38
لگاریتم شاخص ۵ Log of index 5	0.26ns	0.26	0.25ns	0.25	0.38ns	0.38	0.93**	0.93	1.02***	1.02
عکس نسبت میلز Inverse Mill's ratio	1.64***	0.1	1.05***	0.061	0.63*	0.03	0.77**	0.03	-0.82**	-0.03
عرض از مبدأ Intercept	-3.52ns	-0.35	2.91*	0.28	4.78*	0.46	13.008***	1.2	12.86***	1.16
آماره دوربین واتسون Durbin-Watson	1.99		1.99		1.8		1.6		1.81	
R^2 R-square	0.58		0.66		0.43		0.45		0.43	
آزمون نرمالیته Normality test	1.25 (0.5)		9.91 (0.07)		114.41 (0.03)		4.67 (0.09)		3.65 (0.2)	

مقادیر داخل پرانتز مقادیر بحرانی (سطح معنی‌داری) را نشان می‌دهد. (* معنی‌دار در سطح ده درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد، *** معنی‌دار در سطح یک درصد و ns بی‌معنی)

Values in parentheses shows critical value (significance level). (* Significant level of 10 percent, ** Significant level of 5 percent and *** Significant level of 1 percent, ns non significant)

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indexes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect the soil and water.

کشش متغیرهای معنی‌دار مدل نشان می‌دهد که در سناریو یک، با فرض ثابت بودن سایر عوامل در خصوص تفسیر هر یک از متغیرها، با یک درصد افزایش در سن کشاورزان، میزان مشارکت مالی آنان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده ۲/۹۴ درصد افزایش می‌دهد. میزان مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن به اندازه ۰/۰۹۲ درصد کم‌تر است. میزان مشارکت مالی زارعین نسبت به سایر کشاورزان ۰/۰۳ درصد بیش‌تر است. یک درصد افزایش در پس‌انداز خالص کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۰۳۳ درصد کاهش می‌دهد. میزان مشارکت مالی کشاورزان دارای مالکیت زمین نسبت به مستأجرین و کشاورزان دارای تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک به ترتیب به میزان ۰/۰۵ و ۰/۰۹ درصد کم‌تر است. افزایش یک درصدی تعداد محصولات زیر کشت، میزان مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۶۹ درصد افزایش می‌دهد. همچنین یک درصد افزایش در سطح زیر کشت، میزان مشارکت مالی کشاورزان به میزان ۰/۶۴ درصد کاهش می‌دهد.

نتایج همچین بیانگر آن است که با افزایش یک درصدی میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی سالانه، میزان مشارکت مالی کشاورزان به ترتیب به میزان ۰/۱۸ و ۰/۲۱ درصد افزایش می‌یابد. همچنین یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب رودخانه کشف‌رود و موافقت آن‌ها با کیفیت مطلوب آب و خاک، میزان مشارکت مالی آنان را به ترتیب به میزان ۱/۷۷ درصد افزایش و ۳/۴۱ درصد کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی و عوامل مؤثر بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات زیست-محیطی آب آلوده با به‌کارگیری رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و مدل توبیت بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوها افزایش می‌یابد. این نتیجه بیانگر آن است که انگیزه‌های لازم در کشاورزان در حوزه کاهش آثار نامطلوب آب آلوده بر محیط زیست وجود دارد که می‌توان از این انگیزه‌ها با ایجاد حوضچه‌های تصفیه آب‌های آلوده در جهت کاهش آلودگی‌های تهدیدکننده سلامت آب و خاک و به تبع آن انسان استفاده کرد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری در این مورد می‌تواند از آلوده‌کننده‌ها، دریافت و هزینه‌های اجرایی آن از محل تعیین عوارض (به میزان آب آلوده ورودی به حوضچه) تأمین شود.

نتایج نشان داد که متغیرهای سن و جنسیت در دو مرحله، به ترتیب تأثیر مثبت و منفی معنی‌داری بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارد. بنابراین از کشاورزان مسن‌تر و خانم در زمینه طرح‌های کاهش آثار نامطلوب آب آلوده می‌توان کمک بیش‌تری گرفت.

با توجه به تأثیر منفی متغیر تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک بر تمایل و میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های حفاظتی آب و خاک از مشارکت کشاورزانی که تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک نداشته‌اند، بیش‌تر استفاده شود.

شاخص موافقت کشاورزان با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تمایل و میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارد. این رابطه بیانگر آن است که هر چه کشاورزان آگاهی بیش‌تری داشته باشند که فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود وارد می‌شود، مشارکت مالی آن‌ها بیش‌تر می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود با برگزاری سمینارهایی در زمینه آموزش و آگاهی دادن به مردم به خصوص کشاورزان در مورد اهمیت حفاظت منابع آب و خاک، زمینه مشارکت مالی بیش‌تر آن‌ها را فراهم آورد.

همچنین از آن‌جا که عملیات و پروژه‌های حفاظت از محیط زیست به خصوص آب و خاک نیاز به سرمایه زیادی دارد و تنها بخش کوچکی از این سرمایه از محل کمک‌های مالی مردمی و اخذ عوارض می‌تواند به دست آید، بنابراین دولت می‌بایست در بودجه خود به تأمین مالی این پروژه‌ها توجه کند.

منابع

Ali Hosseini, M. 2011. The risks posed by pesticides and fertilizers. Geomorphology Page. Available at Web site http://geologist63.blogfa.com.

Baidoo, I., Ramatu, M.A., Asuming-Brempong, S., Osei-Akoto, I., and Asante, F.A. 2013. Willingness to pay for improved water for farming in the upper east region of Ghana. Greener Journal of Agricultural Sciences 4: 271-279.

Baghestani, M., and Zibaee, M. 2011. Measuring the willingness of farmers to pay for groundwater in the area Ramjrd: An application of CVM. Journal of Agricultural Economics 4(3): 41-64. (In Persian with English Summary)

Boyle, K.J., Johnson, F.R., McCollum, D.W., Desvousges, W.H., Dunford, R., and Hudson, S. 1996. Valuing public goods: Discrete versus continuous contingent-valuation responses. Land Economics 72: 381-396.

Carson, R.T. 2000. Contingent Valuation: A user's guide. Environmental Science and Technology 34(8): 1413-1418.

Cheraghi, M. 2013. Evaluation of farmer's willingness to pay for groundwater (A case study Mashhad). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Cochran, W.G. 1963. Sampling techniques. John Wiley and Sons, New York.

Darijani, A. 1999. A survey of depositors' view and factors affecting the amount of household bank deposits. MSc Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Faryabi, M., Kalantari, N., Chitsazan, M., and Rahimi, M.H. 2006. Evaluatation the effect of agricultural fertilizers in underground water pollution Nytrogen Baghmlk plain with DRASTIC model. Geomatics Conference p. 35-42. (In Persian with English Summary)

Habibzadeh, A. 2005. Status and quality of underground water pollution in North of Lake Urmiah (Tesuj). Journal of Advanced Researches 4: 43-47. (In Persian with English Summary)

Hosseini, S.S., Sharzee, G., and Naeemifar, A. 2011. Assessing the benefits of nitrate contamination reduction in water consumption by contingent valuation method (case study of paddy in the village of Gilan). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development 41(1): 21-27. (In Persian with English Summary)

Lashkaripour, G., Ghafoori, M., Mousavimadah, S.M., Babaee, M., and Afshar, S. 2010. Examine the origin and the factors affecting surface and subsurface water pollution in Kashaf- rood river (Mashhad plain). In First National Conference on Hydrogeology, Islamic Azad University Behbahan Branch, Khuzestan, Iran, 28 November. 2009, 12 pp. (In Persian)

Madalla, G.S. 1983. Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics. Cambridge University Press, Cambridge, 414 pp.

Mcdonald, J.F., and Moffitt, R.A. 1982. The uses of Tobit analysis. Journal of the Review of Economics and Statistics 62: 318-321.

Moinoddini, S.D., Zand, E., Kambouzia, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Deihimfard, R. 2014. Environmental risk assessment of registered insecticides in Iran using Environmental Impact Quotient (EIQ) index. Journal of Agroecology 6(2): 250-265. (In Persian with English Summary)

Naseri, H., Rqhimi, M., Yakhkeshi, M.A., Shahpasandzadh, M., and Dehqhan, H. 2006. Factors influencing the spatial variation of nitrate concentrations in ground water of basin gharehsu-golestan. Journal of Agricultural Sciecnes and Natural Resources 1: 108-116.

Naseri, H.R., and Alijani, F. 2007. Study of underground water pollution sources Izeh Plain, North East Khuzestan. Journal of Environmental Sciences 4: 33-46. (In Persian with English Summary)

Ongley, E. 2003. Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55: 101 pp.

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Tang, Z., Nan, Z., and Liu, J. 2013. The willingness to pay for irrigation water: a case study in northwest China. Global NEST Journal 1: 76-84.

Tobin, J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26: 29-36.

Whistler, D .1999. An Introductory Guide to Shazam. Department of Economics. University of British Columbia, CANADA. Available at Web site http://shazam.econ.ubc.ca

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 215-224

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۲۴-۲۱۵

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

احمد غلامی[1*]، ایمان اکبری[2] و حمید عباس دخت[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۲

چکیده

یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به‌کارگیری کودهای زیستی در تولید محصولات می‌باشد. بر این اساس به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر خصوصیات رشد و عملکردگیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا (بدون تلقیح و تلقیح با قارچ *Glomusintra radices*)، ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، چهار و هشت تن در هکتار) و اسیدهیومیک در دو سطح (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی) بودند. نتایج نشان داد که اثر اصلی کاربرد قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع، تعداد چتر، وزن دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که قارچ مایکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۸/۵ و ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که اثر متقابل قارچ مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه از ترکیب تیماری مایکوریزا و هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست (به ترتیب حدود ۲۱ و ۴۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) به دست آمد. همچنین ترکیب تیماری قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع و عملکرد بیولوژیک رازیانه اثر معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، محلول‌پاشی، مایکوریزا، ورمی‌کمپوست

مقدمه

امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی شناخته شده و بدیهی است که باید جایگزین مناسبی برای این نوع کودها در نظر گرفته شود. هدف کشاورزی پایدار، کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است (Koocheki et al., 2008). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Salehrastin, 2001). استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید گیاهان دارویی فراهم کرده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را فراهم می‌کند. قارچ‌های *مایکوریزا آرباسکولار* و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش کمیت، کیفیت و پایداری عملکرد محصول نقش مهمی در این سیستم‌ها ایفاء می‌کنند. قارچ‌های مایکوریزا سبب بهبود کیفیت فیزیکی (گسترش ریسه‌های قارچ)، شیمیایی (افزایش جذب عناصر غذایی) و زیستی (شبکه غذایی) خاک می‌شوند (Sharma, 2002). رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در بین گیاهان دارویی اهمیت زیادی داشته که از اسانس آن (آنتول) در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار گروه زراعت و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: ahgholami@yahoo.com)

و بهداشتی استفاده می‌شود (Darzi et al., 2008). همزیستی مایکوریزایی از طریق گسترش هیف‌های قارچ در خاک موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی و دانه گیاه رازیانه شد و متعاقب آن وزن خشک گیاه افزایش یافت (Kapoor et al., 2004). نتایج تحقیق درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بر روی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در بوته‌های تلقیح شده با مایکوریزا حاصل شد. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) با بررسی اثر همزیستی مایکوریزایی بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان (*Carum copticum* L.) گزارش نمودند که تلقیح با مایکوریزا به ترتیب باعث افزایش ۳۵ و ۸۵ درصدی عملکرد دانه و بهبود ۳۴ و ۳۰ درصدی محتوی اسانس رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. این محققان در مطالعه‌ای دیگر (Shabahng et al., 2014) نشان دادند که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی رازیانه در شرایط همزیستی با مایکوریزا به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

ورمی‌کمپوست محصول فرآیندی است که از گونه خاصی از کرم-های خاکی برای تبدیل مواد آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست مواد غذایی را به فرم قابل جذب در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Sreenivas et al., 2000) (Sharma, 2005). شارما (Sharma, 2002) گزارش کرد که میزان نیتروژن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ورمی‌کمپوست به ترتیب ۵، ۱۴، ۳ و ۱۱ برابر خاک زراعی است. نتایج بررسی آستارایی و کوچکی (Astaraei & Koocheki, 1996) نشان داد که کاربرد ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست و ۸۰ درصد خاک در مقایسه با شاهد (خاک) باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه، تعداد و وزن هزار دانه در گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) می‌شود. در بررسی درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) مشخص شد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر اجزاء عملکرد کمی، موجب بهبود عملکرد دانه رازیانه شد و به علاوه درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد. نتایج بررسی‌های دیگر نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار در ارتفاع بوته و درصد برگ و گل‌آذین در گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis* L.) (Rezvani Moghadam et al., 2009) و تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد، وزن خشک محصول و وزن دانه گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) داشت (Anwar et al., 2005).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج یافته است. هیومیک‌اسید یک ماده آلی کاملاً طبیعی است که از تجزیه نهایی مواد آلی خاک توسط میکروارگانیزم‌ها به دست می‌آید. اسیدهیومیک رشد قسمت‌های هوایی و ریشه گیاهان را تحریک می‌کند.کاربرد آن حجم ریشه‌ها را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه می‌گردد (Sabzevari et al., 2009). اسیدهیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد (Chen et al., 1999). اسیدهیومیک علائم کلروز در گیاهان را بهبود می‌بخشد که احتمالاً نتیجه توانایی این اسید برای نگهداری آهن خاک به فرم قابل جذب است (Samavat et al., 2008).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کود زیستی مایکوریزا و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و هیومیک‌اسید بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، در بهار سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۴۹/۹ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. در ابتدا از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام گرفت و مشخص گردید که بافت خاک لومی و pH آن ۷/۴ می‌باشد (جدول ۱). این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش ورمی‌کمپوست در سه سطح شامل: v_1 (عدم مصرف)، v_2 (چهار تن) و v_3 (هشت تن در هکتار)، قارچ مایکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و اسیدهیومیک نیز در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) در نظر گرفته شد. مایه تلقیح مایکوریزایی به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده و حاوی گونه *Glomus intraradices* بود. به منظور اجرای آزمایش در هر کرت آزمایشی پنج ردیف کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول پنج متر در نظر

گرفته شد. قارچ مایکوریزا در حین کاشت بذر به میزان ده گرم در گودال‌های ایجاد شده به زمین اضافه و ورمی‌کمپوست نیز در حاشیه خطوط کاشت قرار گرفت. اسیدهیومیک در سه مرحله (رویشی، زایشی و سفت شدن دانه‌ها) طبق مقدار توصیه شده (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) محلول‌پاشی شد. جهت تعیین تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر اجزای عملکرد، از سه خط میانی پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح از مساحتی معادل دو مترمربع از خطوط میانی هر کرت، بوته‌ها برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد در سایه، دانه آن‌ها جدا گردید. برای تعیین درصد همزیستی مایکوریزایی، قسمتی از ریشه گیاه به صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها با آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند. ریشه‌ها را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هایی از اسیدلاکتیک، گلیسیرین، تریپان بلو و آب مقطر) به مدت ۲۴-۱۲ ساعت قرار داده شد. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول ۱:۱ گلیسرین و اسیدلاکتیک نگهداری شدند. برای مشاهده و بررسی درصد آلودگی، از روش خطوط متقاطع استفاده شد (Giovannetti & Mosse, 1980). در نهایت تجزیه تحلیل داده‌های آزمایش و رسم شکل‌های مربوط به آن‌ها توسط نرم افزارهای SAS 9.1، Mstat-C و Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) ارتفاع بوته توسط سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین اثرات سه جانبه عوامل مورد بررسی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمار-ها نشان داد که بین ارتفاع بوته در تیمار تلقیح مایکوریزایی (۷۰/۲۲ سانتی‌متر) و عدم تلقیح (۶۷/۹۷ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که ارتفاع بوته در تلقیح با مایکوریزا در حدود سه درصد بیشتر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نیز بیانگر آن بود که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌که ارتفاع بوته در سطح هشت تن ورمی‌کمپوست (۷۳/۹۳ سانتی‌متر) نسبت به کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (۶۸/۰۷ سانتی‌متر) و شاهد (۶۵/۳۵ سانتی‌متر) به ترتیب افزایش هشت و ۱۱/۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین دو سطح محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی اسیدهیومیک از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌که ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۷۰/۴۷ سانتی‌متر) حدود چهار درصد بیشتر از تیمار عدم محلول‌پاشی (۶۷/۷۲ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). همچنین مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۷۶/۸ سانتی‌متر) به دست آمد که نسبت به شاهد (۶۰/۷ سانتی‌متر) افزایش ۲۶ درصدی را نشان داد (شکل ۱).

نتایج گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) و راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) به ترتیب بر روی گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) و علف لیمو (*Cymbopogon citratus* L.) و نیز اردکانی و همکاران (Ardekani et al., 2000) بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) بیانگر آن است که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود. به نظر می‌رسد که همزیستی مایکوریزایی با ریشه رازیانه سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب رشد بیشتر و بهبود ارتفاع گیاه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental station

بافت Texture	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)
لومی- سیلتی Silty- loam	147	13.7	0.054	2.3	7.81	0.71

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه تحت تأثیر ورمی‌کمپوست (V)، مایکوریزا (M) و اسیدهیومیک (H)

Table 2- Analysis of variance of yield and yield components of fennel affected by vermicompost, mycorrhiza and humic acid

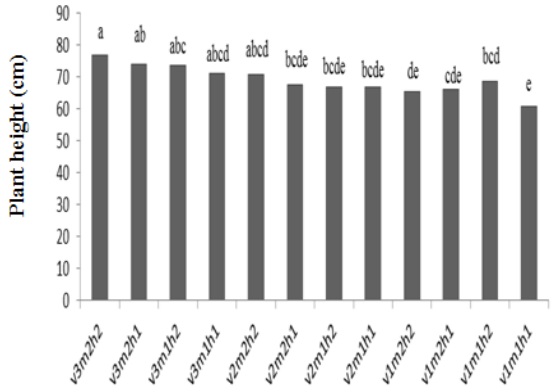
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant^{-1}	تعداد دانه در چتر No. of seed.umbel^{-1}	وزن دانه در بوته Seed weight Per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.325^{ns}	14.58^{ns}	1032.86^{ns}	0.215^{ns}	0.080^{ns}	6278.26^{ns}	40548.16^{ns}	1.951^{ns}
V	2	231.20**	89.58**	4188.52**	67.53**	1.613**	274591.83**	2229021.10**	15.93**
M	1	45.56**	177.77**	5329.00**	103.05**	0.088^{ns}	80863.36**	4743466.34**	114.16**
V × M	2	2.73^{ns}	4.86^{ns}	3655.75**	0.186^{ns}	0.405**	18268.85*	5603.46^{ns}	6.336^{ns}
H	1	68.06**	49.00**	1067.11^{ns}	125.25**	1.656**	326191.15**	4143735.34**	1.720^{ns}
V × H	2	2.85^{ns}	3.08^{ns}	256.02^{ns}	1.47^{ns}	0.072^{ns}	10389.40^{ns}	56593.75^{ns}	12.73^{ns}
M × H	1	7.20^{ns}	4.00^{ns}	21.77^{ns}	3.139^{ns}	0.078^{ns}	16977.62^{ns}	75634.17^{ns}	0.017^{ns}
V × M × H	2	29.55**	7.58^{ns}	56.69^{ns}	0.209^{ns}	0.111^{ns}	12784.02^{ns}	86221.46**	5.53^{ns}
خطا Error	22	6.98	5/49	516.68	1.376	0.062	4509.62	23637.49	4.91
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.82	7.29	11.36	7.36	6.03	5.83	6.13	7.12

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 1% and 5% probability level and not significant, respectively.

M: همزیستی مایکوریزایی، V: ورمی‌کمپوست و H: محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M: mycorrhica symbiosis, V: vermicompost and H: spraying with humic acid



شکل ۱- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته رازیانه

Fig. 1- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid plant height

ورمی‌کمپوست نیز از طریق قابلیت نگهداری زیاد آب و تدارک مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده رازیانه تأثیر مثبت داشته و موجب بهبود ارتفاع بوته گردیده است. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بیان کردند که بیشترین ارتفاع بوته رازیانه از مصرف ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست با افزایش در جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته گردیده است.

جدول ۳- اثرات ساده و متقابل ورمی‌کمپوست، مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه

Table 3- The simple and interaction effect of vermicompost, mychorriza and humic acid on yield and yield components of fennel

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)	تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant^{-1}	تعداد دانه در چتر No. of seed.plant^{-1}	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
M_1	67.97^{b*}	29^{b}	187^{b}	14.23^{b}	-	3357.25^{b}	1104.58^{b}	32.91^{a}
M_2	70.22^{a}	34^{a}	212^{a}	17.68^{a}	-	4083.22^{a}	1199.37^{a}	29.35^{b}
V_1	65.35^{b}	29^{b}	188^{b}	13.53^{c}	3.86^{b}	3251.12^{c}	1016.16^{c}	31.22^{a}
V_2	68.07^{b}	32^{ab}	190^{b}	15.96^{b}	3.99^{b}	3812.21^{b}	1125.12^{b}	29.52^{b}
V_3	73.93^{a}	34^{a}	221^{a}	18.38^{a}	4.55^{a}	4098.16^{a}	1315.12^{a}	32.08^{a}
H_1	67.72^{b}	31^{b}	-	14.12^{b}	3.91^{b}	3380.18^{b}	1056.60^{b}	-
H_2	70.47^{a}	33^{a}	-	17.80^{a}	4.34^{a}	4059.27^{a}	1247.62^{a}	-
$M_1 \times V_1$	-	-	184^{b}	-	3.84^{b}	-	924.45^{d}	-
$M_1 \times V_2$	-	-	174^{b}	-	3.74^{b}	-	1108.76^{c}	-
$M_1 \times V_3$	-	-	193^{b}	-	4.43^{a}	-	1280.56^{b}	-
$M_2 \times V_1$	-	-	196^{b}	-	3.88^{b}	-	1107.36^{c}	-
$M_2 \times V_2$	-	-	202^{b}	-	4.23^{ab}	-	1142.35^{c}	-
$M_2 \times V_3$	-	-	250^{a}	-	4.66^{a}	-	1349.12^{a}	-

M_1 و M_2: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با قارچ مایکوریزا، V_1، V_2 و V_3: به ترتیب عدم مصرف ورمی‌کمپوست، مصرف چهار و هشت تن در هکتار و H_1 و H_2: به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M_1 and M_2: Mycorrhizal non-inoculated and inoculated, V_1, V_2 and V_3: 0, 4 and 8 t.ha^{-1} and H_1 and H_2: non-foliar application and foliar application, respectively.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نمی‌باشد.

* Means followed by similar letters in each column are not significantly different at α= 5% probability level.

در خصوص اثرات اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته گندم سبزواری و همکاران (Sabzevari et al., 2009) بیان کردند که مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک باعث افزایش چشمگیری در ارتفاع گیاه گندم شد که این افزایش ارتفاع را می‌توان به دلیل تأثیر اسیدهیومیک در افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و متعاقباً افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه دانست.

تعداد چتر در بوته: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر هر سه فاکتور قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر تعداد چتر در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه آن‌ها معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که از نظر تعداد چتر در بوته بین تلقیح مایکوریزا (۳۴ چتر در بوته) و عدم تلقیح (۲۹ چتر در بوته) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ به طوری‌که تعداد چتر در بوته در تلقیح با مایکوریزا حدود ۱۷/۲ درصد بیشتر بود. همچنین مقایسه میانگین تیمارها تفاوت معنی‌داری را بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تعداد چتر در بوته نشان داد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار هشت تن ورمی‌کمپوست (۳۴ چتر در بوته) در مقایسه با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (۳۲ چتر در بوته) و نسبت به تیمار شاهد (۲۹ چتر در بوته) به ترتیب شش و ۱۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که بین تعداد چتر در بوته در تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۳۳ چتر در بوته) در مقایسه با تیمار شاهد (۳۱ چتر در بوته) حدود ۶/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) اظهار داشتند که همزیستی مایکوریزایی از طریق بهبود تغذیه گیاه و افزایش زیست‌توده در گیاه رازیانه موجب تسریع در گل‌دهی و افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست صورت گرفت مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست، به طور معنی‌داری تعداد گل‌ها را در مقایسه با شاهد افزایش داد. این تأثیر مثبت از طریق افزایش فعالیت میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و متعاقباً باعث افزایش گل‌دهی می‌شود. اسیدهیومیک نیز با قدرت کلات‌کنندگی که دارد سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در تحقیقی که کیانی و همکاران (Kiyani et al., 2011) بر روی گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) انجام دادند، بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک باعث افزایش تعداد گل در گیاه دارویی بابونه می‌شود.

تعداد دانه در چتر: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تلقیح مایکوریزا، استفاده از ورمی‌کمپوست و اثر متقابل بین مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین تلقیح مایکوریزایی و عدم تلقیح تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در چتر وجود داشت (به ترتیب ۲۱۲/۲۲ و ۱۸۷/۸۸ دانه در چتر) به نحوی‌که تعداد دانه در چتر در نتیجه تلقیح مایکوریزایی حدود ۱۲/۹ درصد بیشتر بود. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر (جدول ۳) نیز بیانگر آن بود که بین شاهد و کاربرد چهار تن در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی مصرف هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در چتر داشت. کاربرد هشت تن در هکتار سبب افزایش ۱۷/۸ درصد تعداد دانه در چتر نسبت به شاهد شد (به ترتیب ۲۲۱ و ۱۸۸ دانه در چتر). همچنین مقایسات میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر تعداد دانه در چتر نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۲۵۰ دانه در چتر) نسبت به شاهد (۱۸۴ دانه در چتر) افزایش معنی‌دار ۳۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). تعداد دانه در چتر تابعی از تراکم بوته و تعداد چتر در بوته است و به شرایط محیطی زمان گرده‌افشانی نیز بستگی دارد. افزایش تعداد چتر در بوته خود ناشی از مصرف کودهای آلی و بیولوژیک است که توسط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) گزارش شده است.

وزن دانه در بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر وزن دانه در بوته معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین اثر تلقیح مایکوریزا و عدم تلقیح از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری دیده می‌شود به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار تلقیح مایکوریزا (۱۷/۶۸ گرم) نسبت به تیمار عدم تلقیح (۱۴/۲۳ گرم) حدود ۲۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسات

میانگین نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری به چشم می‌خورد به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۸/۳۸ گرم) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (۱۵/۹۶ گرم) و شاهد (۱۳/۵۳ گرم) به ترتیب حدود ۱۵ و ۳۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در خصوص محلول‌پاشی اسیدهیومیک نیز مشاهده شد که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۱۷/۸۰ گرم) نسبت به تیمار شاهد (۱۴/۱۲ گرم) افزایش ۲۶ درصدی را از نظر وزن دانه در بوته نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک با تحریک رشد ریشه و در نتیجه افزایش میزان آب قابل دسترس برای گیاه، بهبود مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی و ساختمان خاک، سرعت و مدت فتوسنتز را افزایش داد و باعث افزایش وزن دانه در بوته می‌شود (Atiyeh et al., 2002). سبزواری و خزایی (Sabzevari & Khazaeei, 2009) با بررسی چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم) هیومیک‌اسید روی گندم بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله شد.

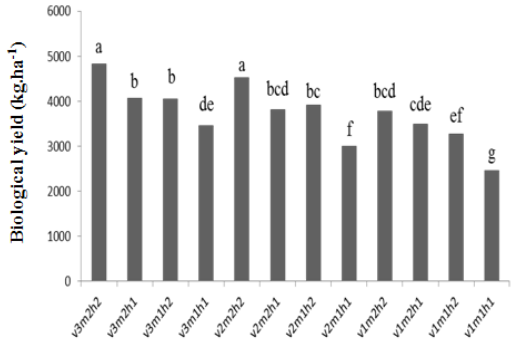
وزن هزار دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مبین آن بود که اثر عوامل اصلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک و نیز اثر متقابل تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴/۵۵ گرم) در مقایسه با مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست (۳/۹۹ گرم) و تیمار شاهد (۳/۸۶ گرم) به ترتیب به میزان ۱۴ و ۱۷/۵ درصد افزایش نشان داد. نتایج تأثیر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی (۴/۳۴ گرم) در مقایسه با تیمار شاهد (۳/۹۱ گرم) در حدود ۱۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳). همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر روی وزن هزار دانه نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴/۶۶ گرم) نسبت به شاهد (۳/۸۴ گرم) افزایش ۲۱ درصدی را در مورد وزن هزار دانه نشان داد (جدول ۳). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیان کردند که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب بهبود وزن هزار دانه در گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) نسبت به شاهد شد. ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک می‌توانند از طریق بهبود میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده گیاهی، وزن هزار دانه را افزایش دهند. همچنین تلقیح مایکوریزایی هم سبب می‌گردد که در زمان پر شدن دانه، شیره پرورده بیشتری به دانه منتقل شده و سبب بهبود وزن هزار دانه گردد.

عملکرد دانه: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا (۱۱۹۹/۳۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (۱۱۰۴/۵۸ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۸/۵ درصدی داشت (جدول ۳). در تحقیقی که محمدی و همکاران (Mohamadi et al., 2013) بر روی گیاه نخود (*Pisum sativum* L.) انجام دادند بیان کردند که کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد غلاف نسبت به شاهد شد. همچنین بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد دانه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که عملکرد دانه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۳۱۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (۱۰۱۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۱۷ و ۲۹/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در خصوص اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد دانه، جدول مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۱۲۴۷/۶ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۵۶/۶ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۱۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه نیز نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۳۴۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۹۲۴ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۴۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). طبق نتایج تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا می‌تواند ناشی از بهبود اجزای عملکرد در گیاه رازیانه باشد. در تحقیقی که رضایی و همکاران (Rezaeei & Baradaran, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendola persica* L.) انجام دادند بیان کردند که مصرف کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه و

شاخص برداشت شد. در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر قدرت جذب و نگهداری طوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر افزایش اجزای عملکرد رازیانه تأثیر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه گردیده است. اسیدهیومیک نیز از طریق اعمال اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) بیان کردند که اسیدهیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزی شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

عملکرد بیولوژیک: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری توسط هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثرات سه جانبه در سطح پنج درصد تحت تأثیر قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مقدار عملکرد بیولوژیک در تلقیح مایکوریزا (۴۰۸۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (۳۳۵۷/۲۵ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲۰ درصد افزایش وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین نتایج نشان‌ها داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴۰۹۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به کاربرد چهار تن (۳۸۱۲ کیلوگرم) و تیمار شاهد (۳۲۵۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب افزایش ۷/۵ و ۲۶ درصدی در عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول ۳). بین محلول‌پاشی اسیدهیومیک و عدم محلول‌پاشی از نظر تأثیر بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری دیده شد به طوری‌که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۴۰۵۹/۵۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۳۳۸۰/۹۷ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ۲۰ درصد در عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۳). مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نشان داد که ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۴۸۲۳ کیلوگرم در هکتار) از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد (۲۴۶۳ کیلوگرم در هکتار) برتری ۹۰ درصدی داشت (شکل ۲).

قارچ‌های مایکوریزا از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در همین زمینه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) بر روی گیاه دارویی رازیانه به نتایج مشابهی دست یافتند. در تحقیقی که فرجامی و نبوی (Farjami & Nabavi, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار انجام دادند بیان کردند که بیشترین عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس و ماده مؤثره گل در سطح مصرف ده کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و بیشترین عملکرد بذر نیز از مصرف پنج کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به دست آمد. گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) بر روی نعناع و کاپور (Kapoor et al., 2002) بر روی شوید بیان کردند که کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تلقیح مایکوریزا باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی نسبت به شاهد می‌شود. انور و همکاران (Anwar et al., 2005) در مطالعه خود بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و گیاه دارویی نعناع مشاهده نمودند که کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیکی را بهبود بخشید. اعتقاد بر این است که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه موجبات رشد بهتر اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک را فراهم می‌کند. آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسیدهیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و بالطبع افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌شود.



شکل۲- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد بیولوژیک رازیانه

Fig. 2- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid on biological yield

شاخص برداشت: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها بر شاخص برداشت نشان داد که بین تلقیح مایکوریزایی (۲۹/۳۵ درصد) و عدم تلقیح (۳۲/۹۱ درصد) تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به نحوی‌که شاخص برداشت در تلقیح با مایکوریزا (۲۹/۳۵

درصد) نسبت به عدم تلقیح (۳۲/۹۲ درصد)، کاهش نشان داد (جدول ۳) که البته این نتایج با نتایج درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) مطابقت داشت. نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تأثیر همزیستی مایکوریزایی در بهبود رشد و افزایش عملکرد بیولوژیکی بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد اقتصادی گیاه بوده و به همین دلیل موجب کاهش در شاخص برداشت گردید است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به خوبی تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست، تلقیح با قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدهیومیک را بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه نشان داد. از آن‌جا که در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی متعددی گردیده است، لذا به‌کارگیری این تیمارها بدون ایجاد صدمات زیست‌محیطی و با حفظ پایداری محیط و فراهم‌آوری عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد محصول می‌شوند.

منابع

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource. Technology 93: 145-153.

Ardekani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Astaraei, A., and Koocheki, A. 1996. Biofertilizer Application in Sustainable Agriculture. Publication of Jihade Daneshgahi Mashhad, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Chen, y., Clap, C.E., Magen, H., and Clin, V.W. 1999. Stimulation of plant Growth by Humic substances: Effects on Iron Availability. In: Ghabbour, E.A., and Davies, G. understanding Humic substances: Advanced Methods, properties and applications. Royal society of chemistry, Cambridge. UK.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and biophosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Darzi, M., Ghalavand, A., Rajali, F., and Sefidkan, F. 2006. Effects of biofertilizer application on yield and yield components of *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 22(4): 276-292. (In Persian with English Summary)

Farjami, A., and Nabavi, K. 2013. Role of humic acid and phosphorus on quality and quantity of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology 8(4): 443-452. (In Persian with English Summary)

Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular *arbuscular* mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-*arbuscular* mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource. Technology 81: 77-79.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bio inoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 459-463.

Kiyani, M., Nabavi Kalat, S.M., and Kelarestaghy, K. 2011. Study on the effects of humic acid and phosphorus on flower yield of *Matricaria*. 6th National Conference on New Idea in Agriculture, Khoorasgan Islamic Azad University. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effects of *arbuscular* mycorrhizal fungi and free-living nitrogen- fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR). Modena, Italia.

Mohamadi, A., Asghari, H.R., and Gholami, A. 2013. Use of biological fertilizer (mycorrhizal fungi) on phosphorus availability in cicer (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agronomic Research 11(4): 658-665. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mhallati, M., and Lagziyan, A. 2009. Effects of organic and bifertilizer on seed yield and essence of *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Field Crops Research Agronomical Research 7: 625-635 (In Persian with English Summary)

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. Motia by *rhizobacteria*, AMF and *azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Rezaeei, M., and Baradaran, R. 2013. Study the effects of different organic fertilizers on yield and yield components of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Research on Medicinal and Aromatic Plants 29(3): 635-650. (In Persian with English Summary)

Rezvani moghadam, P., Bakhshaee, S., Ghafoori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis.* National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R., and Kafi, M. 2009. Effects of humic acid root and shoot growth of two varieties of wheat, Sayounz and Sabalan. Journal of Water and Soil 23: 87-94 (In Persian with English Summary)

Salehrastin, N. 2001. Biofertilizers and their effects on sustainable agriculture. Research, Education and Extension of Agricultural Organization Press, Iran p. 1-54.

Samavat, S., Pazooki, A., Ladan Moghadam, A., and Samacat, S. 2008. Principles of organic matter application in agriculture. Technical Report. Garmsar Islamic Azad University Press. (In Persian with English Summary)

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India p. 407.

Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses– A review. Journal of American Science 1: 4-16.

Sreenivas, C., Muralidhar, S., and Rao, M.S. 2000. Vermicompost, a viable component of IPNSS in nitrogen nutrition of ridge gourd. Annual Agriculture Research 21: 108-113.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 225-236

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۳۶-۲۲۵

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه)

مهدیه رشید سرخ‌آبادی[1*]، علی شهیدی[2] و عباس خاشعی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷

چکیده

در بین عوامل مختلف تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی، شرایط اقلیمی از مهمترین متغیرهای محیط طبیعی است. از سویی دیگر اساس توسعه کشاورزی، آگاهی دقیق از ویژگی‌های محیطی در هر نقطه و اعمال مدیریت ویژه می‌باشد. زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران-بهاترین محصول کشاورزی و دارویی جهان از جمله گیاهانی است که نقش قابل توجهی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک خراسان جنوبی و مرکزی پیدا کرده است. بر این اساس، این تحقیق به منظور ارزیابی شرایط اقلیمی برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه در یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰ میلادی) صورت گرفت. بدین منظور، ده ایستگاه هواشناسی استان انتخاب و به کمک محیط نرم افزاری Arc GIS مدل‌سازی و تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفت. با بهره‌گیری از شرایط اقلیمی مطلوب در هر مرحله از رشد زعفران، لایه‌های اطلاعاتی کلاس‌بندی و ارزش وزنی هر کدام از پهنه‌ها مشخص گردید. در نهایت، به منظور هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نقشه نهایی که پتانسیل اقلیمی را برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه نشان می-داد، تهیه گردید. نتایج نشان‌دهنده این واقعیت بود که نقش هر یک از عناصر اقلیمی بارش، دما و تعداد ساعات آفتابی، متناسب با مراحل مختلف رشد، در مناطق مختلف شهرستان متفاوت بود و از مجموع ۹۵۷۰/۲۰۷۰ کیلومترمربع از مساحت شهرستان تربت حیدریه، چهار درصد از اراضی شهرستان دارای کیفیت بسیار مناسب، ۵۰/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۲۷ درصد دارای شرایط متوسط برای کشت، ۸/۵ درصد ضعیف و حدود ده درصد از اراضی منطقه را نقاط بسیار ضعیف در بر می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: زمین آمار، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کشت‌بوم، نرم افزار اکسپرت چویس

مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طول تاریخ مورد توجه انسان بوده است. علت این امر، نقش مهم عناصر آب و هوایی بر زندگی بشر و خصوصاً تولیدات کشاورزی است (Mohamadi & Moghtaderi, 2005). با توجه به تأثیرپذیری غیر قابل انکار گیاهان زراعی از تغییرات اقلیمی هر منطقه، شناخت این ویژگی‌ها و خصوصیات در هر منطقه به برنامه‌ریزان و کشاورزان آن منطقه کمک می‌نماید تا با آگاهی کافی نسبت به امکان بروز حوادث جوی به تنظیم برنامه کشت و کار و برداشت محصول و همچنین انتخاب نوع کاشت اقدام نمایند. آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هر گونه فعالیت کشاورزی است. تأثیر عوامل آب و هوایی بر کشاورزی از سایر فعالیت‌ها بیشتر بوده و به همین دلیل شناخت روابط متغیرهای اقلیمی بر محصولات، اهمیت و ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی برای کشورها دارد (Kamali, 1997). برخی دانشمندان بر این اعتقادند که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (Khaledi, 1994)

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق می-باشد و در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ده درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم‌باران ایران که دارای زمستان

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mahdiehrashid@gmail.com)

سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد. زعفران به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر ایران بزرگ‌ترین تولید کننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2002). بر این اساس، شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمین قبل از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حایز اهمیت است. حاتمی سردشتی و همکاران (Hatami Sardashti et al., 2011) با بررسی رابطه رگرسیونی میان عملکرد کلاله زعفران با شاخص پایداری نهایی اظهار داشتند که رابطه این دو شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] را تکنولوژی اطلاعات فضایی می‌نامند که امکان آزمون و تجزیه و تحلیل دامنه وسیع‌تری از منابع مرتبط با کشاورزی، به صورت همزمان و دقیق را فراهم می‌آورد. آزمون‌پذیری همزمان متغیرها در محیط GIS منجر به درک بهتر عملگرهای سیستم کشاورزی و نیز اثرات متقابل مکان و زمان است. این درک منجر به توسعه پایدار و تثبیت پویایی تکنولوژی کشاورزی است (Narayana, 2011). با توجه به این‌که سنجش تناسب اراضی در سطح منطقه مورد مطالعه نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تحلیل چند معیاره[2] (MCDA) استفاده شود (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008). در این زمینه روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله مراتبی[3] یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است (Omkarprasad, 2004). روش AHP، ابزاری جهت ساده‌سازی تصمیم‌گیری‌های پیچیده است با این توصیف که در تحلیل تصمیم چند معیاره به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینه از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد (Asgharpoor, 2006). در این روش ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای متناسب با هدف یا اهداف تصمیم توسط کارشناسان تعیین، و پس از وزن‌دهی و اولویت‌بندی به منظور انجام ارزیابی توان و مکان‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Xue et al., 2007). یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید سنجه‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (Tofigh, 1994).

بررسی درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر در خراسان جنوبی به منظور شناسایی مناطق مستعد کشت زعفران با استفاده از GIS انجام شد. نتایج نشان داد که درجه حرارت حداقل در ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی تأثیرگذارتر بر عملکرد نسبت به سایر ماه‌ها می‌باشند. از نظر درجه حرارت میانگین، ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی مؤثرتر می‌باشند. درجه حرارت حداکثر در ماه‌های آبان، آذر، دی و اسفند، بیشترین تأثیر را بر عملکرد می‌گذارد. (Koozehgran et al., 2011).

در مطالعه‌ای در دشت نیشابور، نواحی مستعد کشت زعفران با استفاده از نقشه‌های سطوح ارتفاعی، شیب، قابلیت اراضی، عمق خاک، دسترسی به آب‌های سطحی و زیرزمینی و آستانه‌های دمایی مؤثر در کشت زعفران شناسایی شده است. نتایج حاصل نشان داد که ۲۱۴۶ کیلومترمربع از اراضی دشت دارای استعداد بسیار خوب برای توسعه کشت زعفران می‌باشند که در حال حاضر کاربری این اراضی به کشت دیم، کشت آبی، مراتع نیمه‌متراکم و مراتع متراکم اختصاص دارد. با تغییر این اراضی به کاربری کشت زعفران می‌توان توسعه اقتصادی و ارزش افزوده را برای این منطقه رقم زد (Farajzade & Myrzabayati, 2007).

سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شد. معیارهای تحت بررسی شامل اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین بودند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کارآیی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بود و بر اساس آن استان قزوین به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

مطالعه‌ای با عنوان سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس معیارهای اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین انجام گرفت و شهرستان مرند به سه بخش قابل کشت، نسبتاً قابل کشت و غیر قابل کشت تقسیم‌بندی شد (Yazdchy et al., 2011).

از آن‌جا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص پتانسیل‌یابی اقلیمی

1- Geographic information system (GIS)
2- Multi criteria decision making
3- Analytical hierarchy process

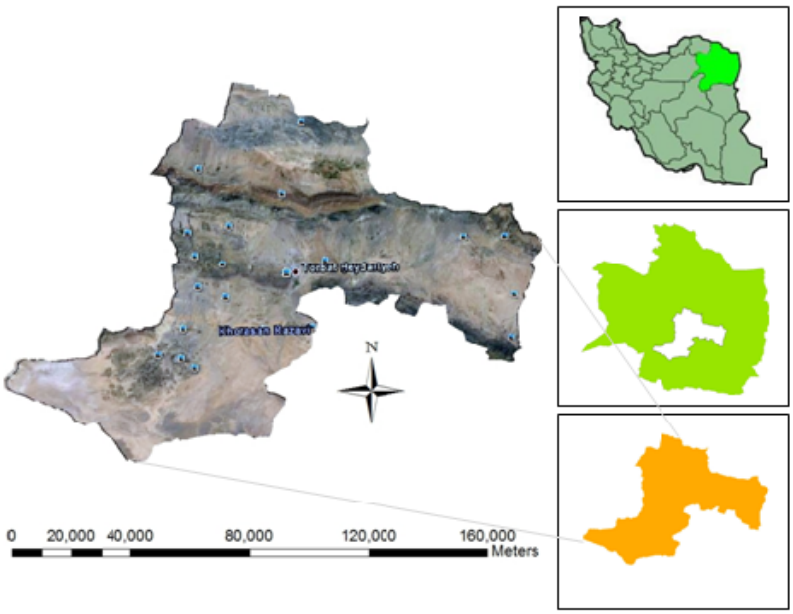
کشت زعفران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان تربت حیدریه انجام نشده است. بنابراین، در این مطالعه سعی بر آن است که با استفاده از نرم‌افزار GIS و تحلیل‌های حاصل از آن و استفاده از منطق‌های ریاضی به کار برده شده در علم مکان‌یابی، شرایط اقلیمی شهرستان تربت حیدریه بر اساس نیازهای محصول زعفران، بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهرستان تربت حیدریه با وسعت ۹۵۷۰ کیلومترمربع و به فاصله ۱۴۲ کیلومتری از مرکز استان خراسان رضوی در مدارهای ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. از شمال به شهرستان‌های فریمان و مشهد و از جنوب به شهرستان گناباد و از سمت شرق به شهرستان رشتخوار و از سمت غرب به شهرستان‌های نیشابور و کاشمر محدود می‌شود. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳۳۳ متر و بلندترین نقطه آن ۳۰۱۳ متر به نام قله کوه مکلان می‌باشد (شکل ۱).

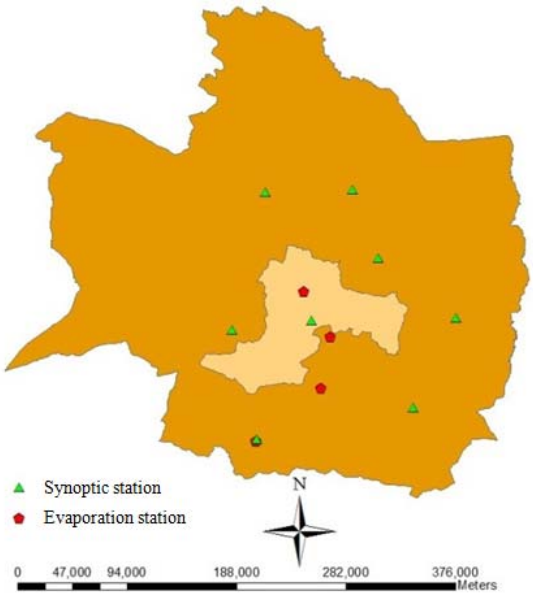
در این پژوهش از یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰) و آمار سینوپتیک ده ایستگاه استفاده شد (شکل ۲). با توجه به تنوع اطلاعات، به منظور پتانسیل‌یابی اقلیمی برای کشت زعفران، روش سلسله مراتبی (AHP) به عنوان مدل انتخاب، و با استفاده از آن به هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام شد. بدین‌منظور، از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی Arc GIS 9.3 استفاده گردید.

جهت تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف شهرستان تربت حیدریه برای کشت زعفران، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، به منظور پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آمار، داده‌های نقطه‌ای معیارهای تصمیم‌گیری در سطح دشت میان‌یابی شدند که کمترین مقدار مجذور میانگین مربع خطا[1] (RMSE) به عنوان معیار انتخاب روش‌های مختلف در پهنه‌بندی هر معیار مورد استفاده قرار گرفت. روش کریجینگ با داشتن کمترین مقدار RMSE، به عنوان مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی انتخاب و معیارهای مورد نظر با استفاده از این روش میان‌یابی شدند. جهت ترسیم نقشه واقعی و دقیق هم‌بارش نیز، ابتدا بین داده‌های آماری بارش با ارتفاع ایستگاه مورد نظر یک آزمون ضریب همبستگی خطی انجام شد.

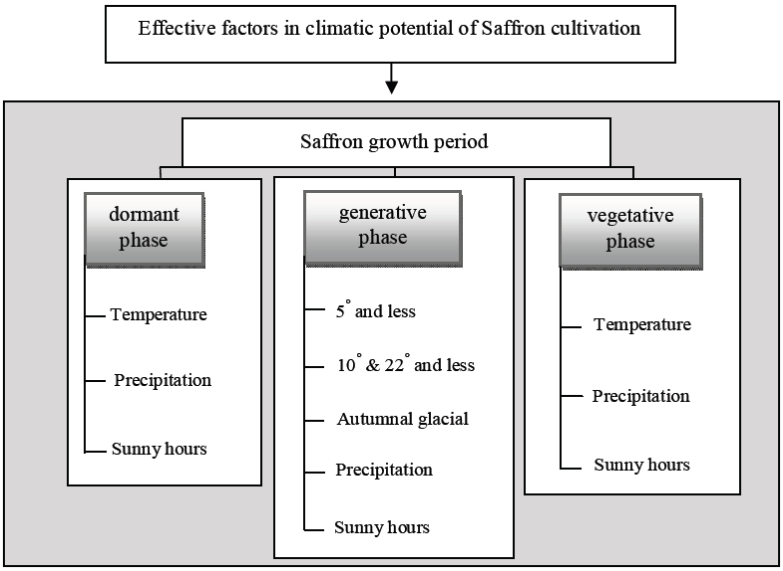


شکل ۱- موقعیت قرارگیری شهرستان تربت حیدریه در ایران
Fig. 1- Position of Torbate Hydariyeh city in Iran

1- Root mean squared error



شکل ۲- نمایش موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های هواشناسی
Fig. 2- Position of weather stations



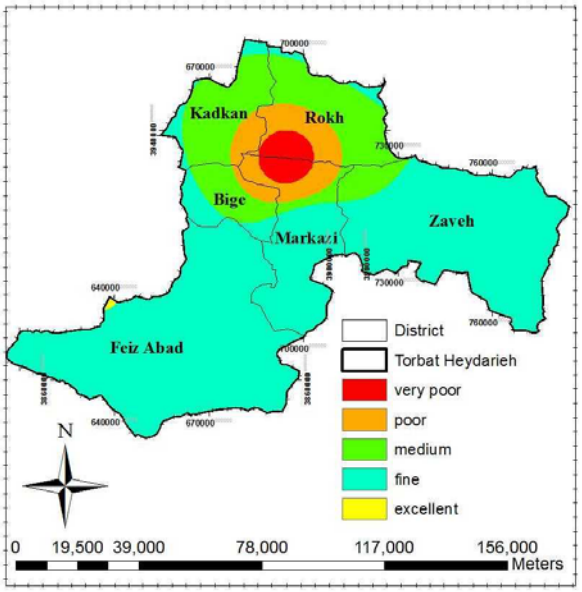
شکل ۳- عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران
Fig. 3- Effective factors in climatic potential of saffron cultivation

با توجه به بالا بودن این ضریب از طریق معادله (y=ax+b) مقدار a و b را به دست آورده و سپس نقشه مدل ارتفاعی منطقه در ضرایب a و b اعمال شد تا مقدار بارش مورد نظر برای تمامی نقاط ارتفاعی پهنه مورد بررسی مطالعه شود. لازم به ذکر است که به منظور کلاس‌بندی پارامترهای اقلیمی از پژوهش انجام شده توسط فرجزاده و میرزا بیاتی (Farajzade & Myrzabayati, 2007) استفاده شد.

سپس بر اساس مدل AHP به ارزش‌گذاری عوامل مؤثر اقدام گردید. شکل ۳ فهرست معیارهای مورد بررسی و زیر شاخه‌های هر یک از آن‌ها را نشان می‌دهد.

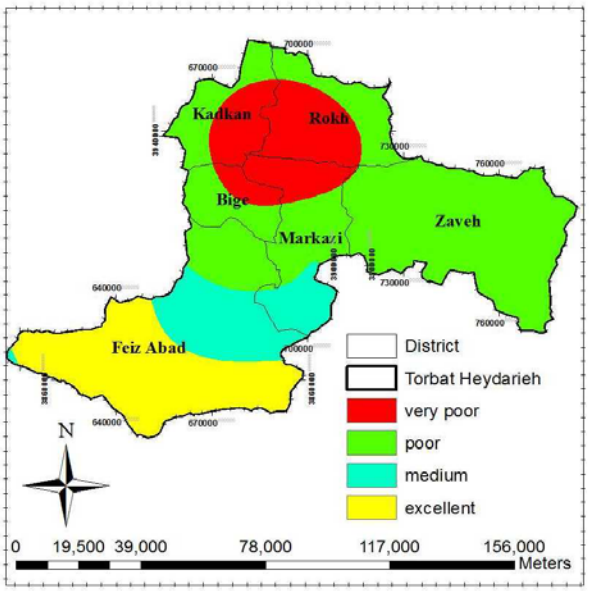
در این تحقیق برای تعیین وزن کلی و ارجعیت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی، از نظرات کارشناسی استفاده شد. پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها با

استفاده از نرم افزار Expert Choice، لایه‌های اطلاعات مکانی مورد نیاز به وجود آمدند.



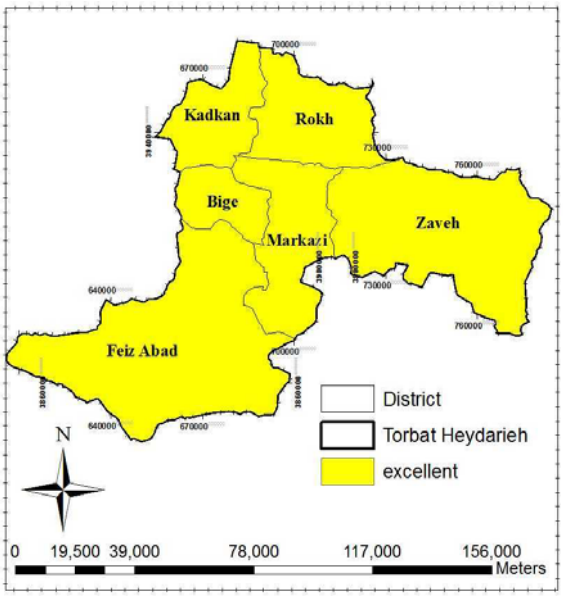
شکل ٤- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای پنج درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 4- Geographical distribution of probability of 5° temperature and less in generative phase of saffron



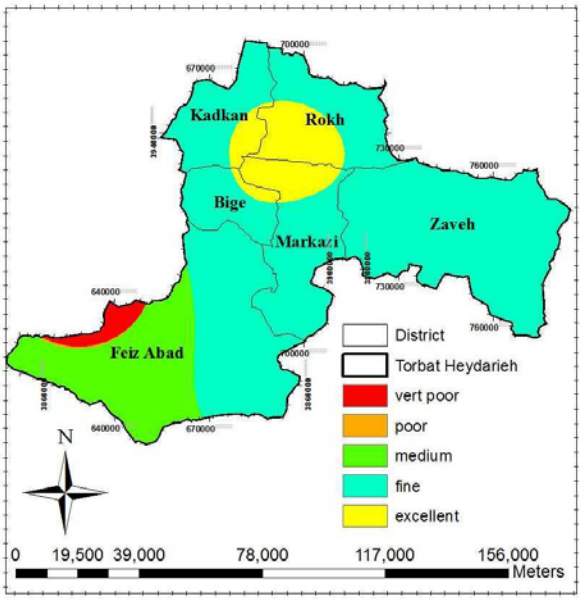
شکل ٥- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع یخبندان پاییزی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 5- Geographical distribution of probability of autumnal glacial in generative phase of saffron



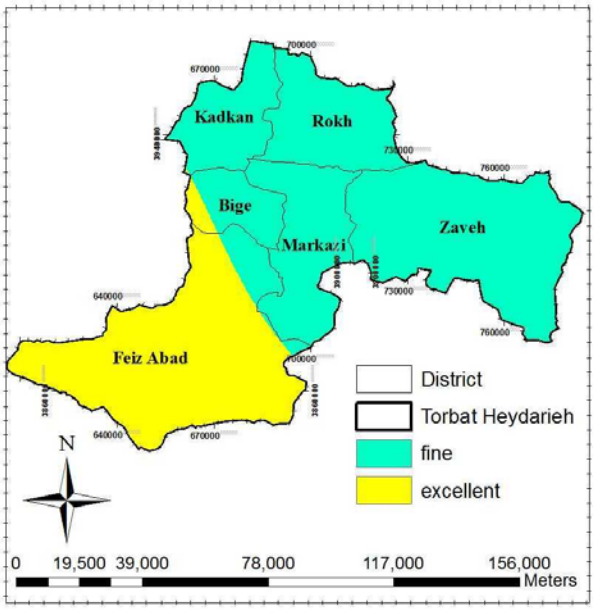
شکل ٦- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ۲۲ درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 6- Geographical distribution of probability of 22° temperature and less in generative phase of saffron



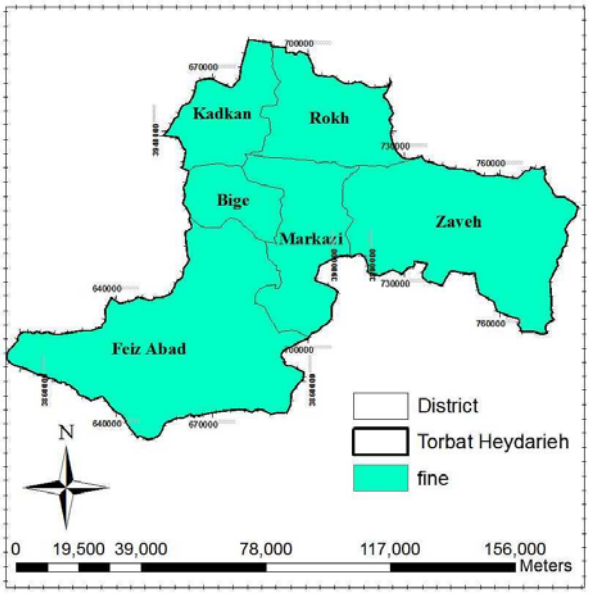
شکل ۷- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ده درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 7- Geographical distribution of probability of 10° temperature and less in generative phase of saffron



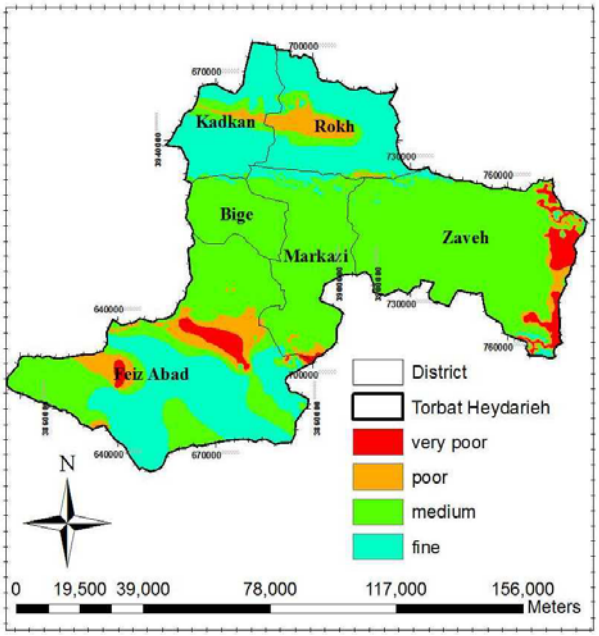
شکل ۸- توزیع جغرافیایی میانگین حداقل دما در مرحله رویشی زعفران

Fig. 8- Geographical distribution of minimum temperature average in vegetative phase of saffron



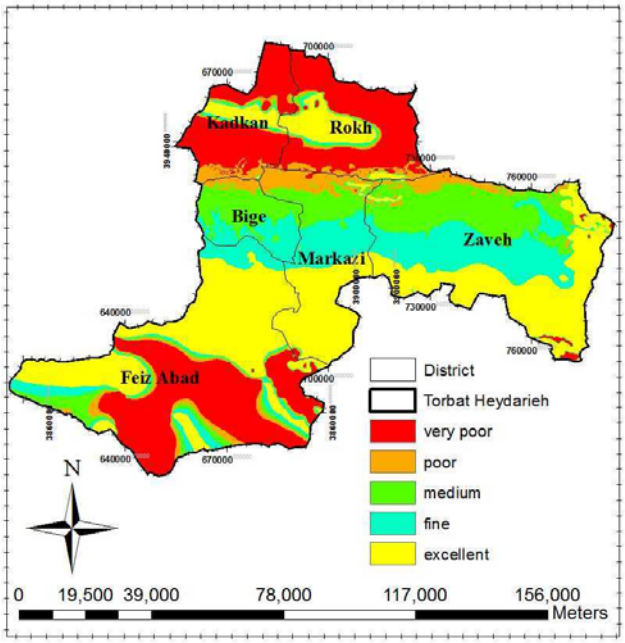
شکل۹- توزیع جغرافیایی میانگین حداکثر دما در مرحله رکود زعفران

Fig. 9- Geographical distribution of maximum temperature average in dormant phase of saffron



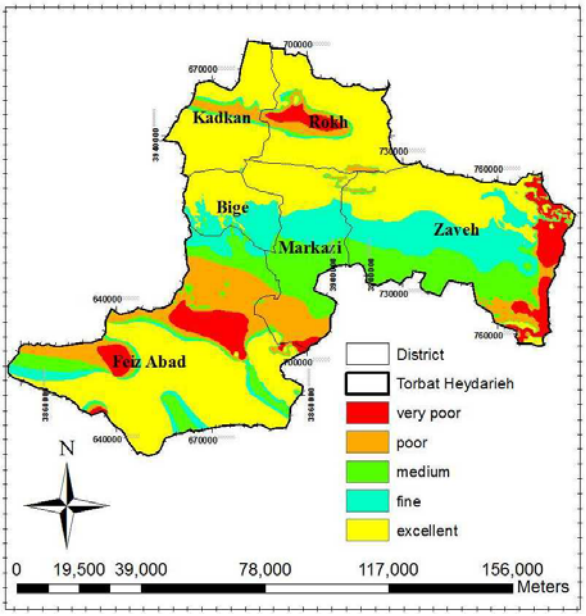
شکل ۱۰- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله زایشی زعفران

Fig. 10- Geographical distribution of rain average in generative phase of saffron



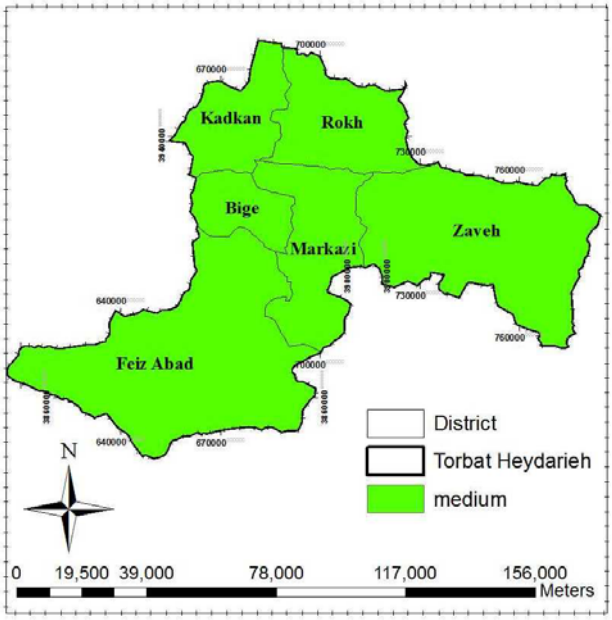
شکل ۱۱- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله رویشی زعفران

Fig. 11- Geographical distribution of rain average in vegetative phase of saffron



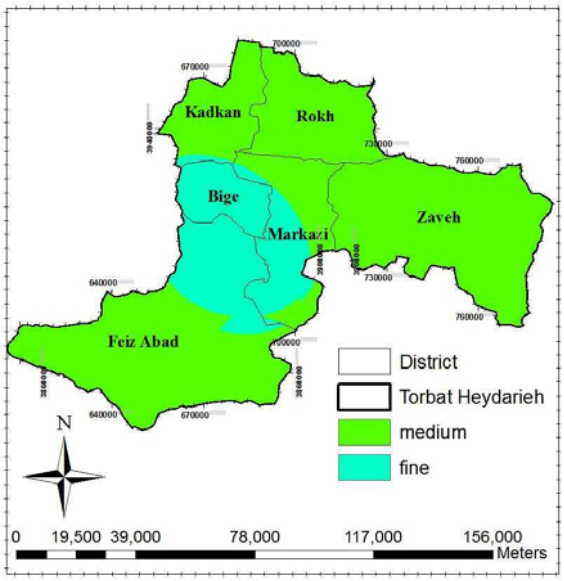
شکل ۱۲- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله رکود زعفران

Fig. 12- Geographical distribution of rain average in dormant phase of saffron



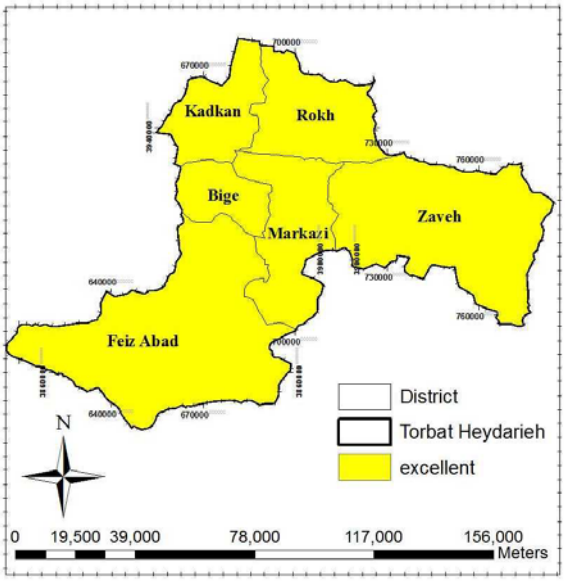
شکل ۱۳- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 13- Geographical distribution of sunny hours average in generative phase of saffron



شکل ۱٤- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله رویشی زعفران

Fig. 14- Geographical distribution of sunny hours in vegetative phase of saffron



شکل ۱۵- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله رکود زعفران

Fig. 15- Geographical distribution of sunny hours in dormant phase of saffron

به طور کلی نرخ ناسازگاری معیاری است جهت تشخیص معنی‌داری ماتریس‌های مقایسه زوجی و مقدار آن باید کمتر از ۰/۱ باشد (Dey & Ramcharan, 2000). با توجه به معیارهای مورد نظر نظیر دما، بارش و تعداد ساعات آفتابی، تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم افزار GIS صورت گرفت و پس از انجام مدل‌سازی فضایی و هم‌پوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه گردید.

نتایج و بحث

به منظور بررسی تغییرات مکانی که از اهداف اصلی این پژوهش بوده، در گام اول با در نظر گرفتن مراحل رشد زعفران و با توجه به این نکته که هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد، نقشه عوامل اقلیمی مورد نیاز هر مرحله از رشد ایجاد شد (شکل‌های ۴ تا ۱۴).

توزیع جغرافیایی احتمالات وقوع دماهای مناسب در مراحل رشد زعفران: با توجه به شکل‌های ۴ تا ۹ احتمال وقوع دمای صفر و پنج درجه و کمتر، در مناطقی از بخش‌های رخ، کدکن، بایگ و مرکزی دارای بیشترین مقدار می‌باشد و چنان‌چه این آستانه‌های دمایی در مرحله گلدهی به مقداری کمتر از این مقادیر کاهش یابد، به علت سرمازدگی و عدم تأمین حرارت مورد نیاز جهت جوانه‌زنی و رشد، باعث افت شدید عملکرد محصول می‌گردد، این در حالی است که سایر نقاط شهرستان از شرایط مطلوبی برخوردار هستند. از نظر احتمال وقوع دمای ده و ۲۲ درجه و کمتر که از شرایط آغاز دوره گلدهی می‌باشد، سایر نقاط شهرستان از شرایط مناسبی برخوردارند، در غیر این صورت گیاه سبزینه خواهد داد (Nokandi, 1999). بنابراین، با توجه به این‌که گلدهی زعفران توسط دما کنترل می‌شود (Kafi et al., 2001)، و دوره گلدهی حساس در عملکرد می‌باشد، در صورتی که سایر شرایط فراهم باشد، می‌توان عملکرد خوبی را در این مناطق انتظار داشت. از طرفی حداکثر بردباری زعفران به سرما در مرحله رشد رویشی ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای قابل تحمل در گرما برای این گیاه در مرحله رکود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008) که محدودیتی از نظر این آستانه‌های دمایی در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود.

توزیع جغرافیایی میزان بارندگی در مراحل رشد زعفران: با توجه به شکل ۱۰ اکثر مناطق شهرستان محدودیتی از نظر میزان بارش مورد نیاز در مرحله گلدهی ندارند، اما با توجه به شکل ۱۱ و توجه به این نکته که نزولات جوی بیشترین تأثیر را در رشد زعفران در مرحله رویشی دارند (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008)، می‌بایست تمهیدات لازم در خصوص تأمین آب مورد نیاز گیاه در این مرحله در مناطق شمالی و جنوبی شهرستان، صورت گیرد. از طرفی بارش در فصل تابستان که پیاز در خواب است برای گیاه مضر می‌باشد (Mohammadi et al., 2011) که با دقت در شکل ۱۲ حدود ۸۰ درصد از مساحت منطقه از شرایط مناسبی در این مرحله برخوردارند.

شکل ۱۶- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 16- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in Birth period of saffron

شکل ۱۷- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رویشی زعفران

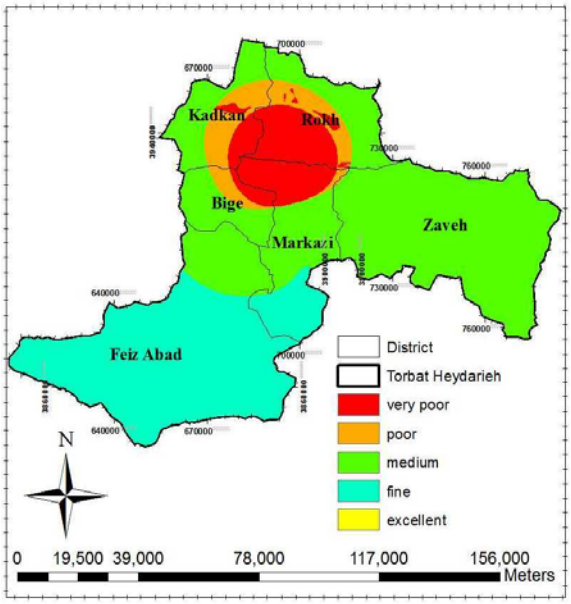
Fig. 17- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in germination period of saffron

شکل ۱۸- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رکود زعفران

Fig. 18- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in latency period of saffron

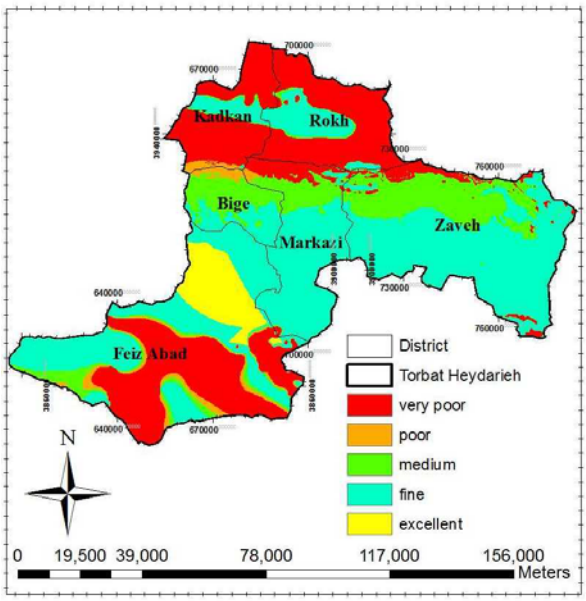
توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی: با توجه به شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ تعداد ساعات آفتابی مورد نیاز در کلیه مراحل رشد زعفران در سایر نقاط شهرستان تأمین شده و محدودیتی وجود ندارد. پس از تهیه لایه‌های مورد نیاز در هر مرحله از رشد زعفران، امتیاز نهایی برای هر یک از پارامترها و نرخ ناسازگاری ماتریس‌های عوامل مؤثر در مکان‌یابی، توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد که نتایج حاصل در شکل‌های ۱۶ تا ۱۸ نشان داده شده است.

نتایج پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران از نظر پارامترهای اقلیمی در هر مرحله از رشد این گیاه، در شکل‌های ۱۹ تا ۲۱ نمایش داده شده است که حاصل اعمال وزن‌های AHP در نقشه‌های ۳ تا ۱۴ می‌باشند:



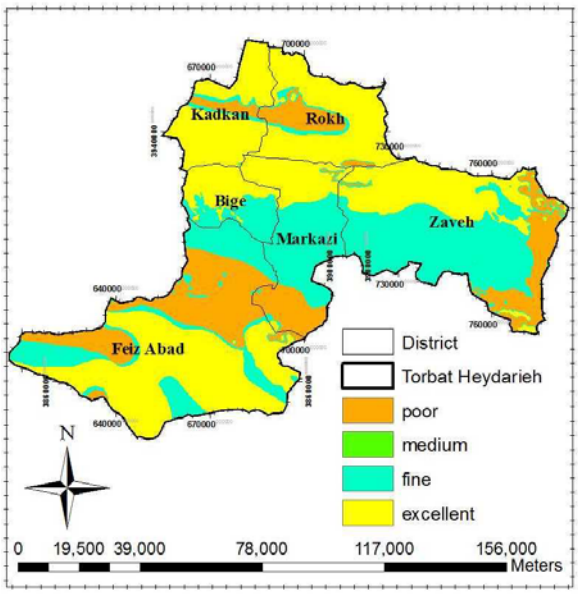
شکل ۱۹- پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در مرحله رشد زایشی

Fig. 19- Climatic potential of saffron cultivation in generative phase



شکل ۲۰- نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رشد رویشی

Fig. 20- Climatic potential of saffron cultivation in vegetative phase



شکل ۲۱- نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رکود

Fig. 21- Climatic potential of Saffron cultivation in Dormant phase

در مورد شرایط اقلیمی مرحله زایشی همان‌طور که در نقشه پهنه-بندی شهرستان (نقشه ۱۹) مشخص است، نیمه جنوبی منطقه از شرایط مناسب اقلیمی برخوردار می‌باشد. بر اساس کلاس‌های تعریف شده با توجه به شکل ۱۹ مشخص می‌شود که:

۱- ناحیه مناسب در جنوب شهرستان قرار دارد و مساحتی حدود ۳۲ درصد از منطقه را به خود اختصاص می‌دهد.

۲- ناحیه متوسط نیمه شمالی شهرستان را در بر گرفته و حدود ۵۲ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است.

۳- ناحیه ضعیف تنها در بخش کوچکی از نیمه شمالی شهرستان قرار گرفته و مساحت کمی در حدود شش درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد.

۴- ناحیه بسیار ضعیف قسمت‌هایی از بخش‌های رخ، مرکزی، بایگ و کدکن را شامل می‌شود و حدوداً ده درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص می‌دهد.

نقشه پهنه‌بندی شرایط اقلیمی در مرحله رشد رویشی زعفران، در شکل ۲۰ نشان داده شده است:

با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که نواحی شمالی و جنوبی شهرستان از شرایط نامناسبی برخوردارند. بر این اساس از پنج کلاس تعریف شده در این مرحله می‌توان دریافت که:

۱- منطقه بسیار مناسب حدود پنج درصد از مساحت را در بر می-گیرد و در قسمت‌هایی از نیمه شمالی بخش فیض‌آباد قرار دارد.

۲- ناحیه مناسب ۴۵ درصد از مساحت منطقه را در نواحی مرکزی و جنوبی و قسمت کوچکی از نواحی شمالی شهرستان به صورت پراکنده در بر می‌گیرد.

۳- منطقه متوسط که به صورت نواری در مرکز و قسمت‌های کوچکی از جنوب شهرستان را شامل شده است و حدوداً ۱۶ درصد منطقه را به خود اختصاص داده است.

۴- منطقه ضعیف مساحت بسیار کوچکی در حدود دو درصد از مناطق غربی شهرستان را تشکیل می‌دهد.

۵- منطقه بسیار ضعیف که قسمت‌هایی از شمال و جنوب شهرستان را در بر می‌گیرد و حدود ۳۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود و علت اصلی وجود این مناطق توزیع نامطلوب بارش-های زمستانه می‌باشد که می‌بایست آب مورد نیاز گیاه در این مناطق از طریق آبیاری تأمین گردد.

با توجه به نقشه حاصله از تلفیق معیارهای مورد نیار در مرحله رکود، نقشه ۲۱ حاصل شد:

بر طبق کلاس‌های تشکیل دهنده شکل ۲۱ مشخص می‌شود که:

۱- قسمت اعظم منطقه، در حدود ۴۹ درصد در نواحی شمالی و جنوبی شهرستان در وضعیت بسیار مناسب قرار دارد.

۲- وضعیت مناسب حدود ۳۰ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهد که عمده مراکز تجمع آن در مرکز شهرستان واقع شده است.

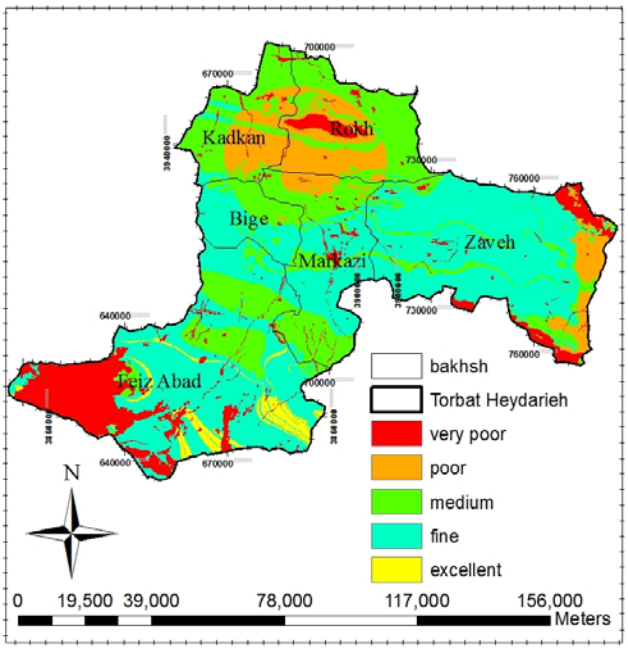
۳- وضعیت متوسط بخش بسیار کوچکی از منطقه را در حدود یک درصد شامل می‌شود و در نهایت وضعیت ضعیف که حدود ۲۰ درصد از مساحت شهرستان را در بر می‌گیرد و عامل اصلی آن بارندگی‌های تابستانه است که موجب از بین رفتن پیازها می‌گردد و می‌بایست تا حد امکان از کشت زعفران در این مناطق خودداری نمود.

در نهایت با تلفیق نقشه‌های مراحل سه گانه رشد (شکل‌های ۱۹ تا ۲۱)، و جدا کردن اراضی کشاورزی از نقشه کاربری اراضی در سطح شهرستان، نقشه نهایی پتانسیل اقلیمی زعفران حاصل گردید و پنج کلاس زیر در سطح شهرستان نمایان شد (شکل ۲۲).

نتیجه نهایی حاصل شده، عبارت است از تشخیص میزان تناسب اراضی برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه که مطابق طبقه‌بندی زیر ارائه گردیده است.

۱- مناطق بسیار مناسب (درجه ۱): به دلیل دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب در طول دوره رشد زعفران دارای عملکرد بالا هستند یا می‌توانند چنین عملکردی را در صورت فراهم بودن سایر پارامترهای مورد نیاز از جمله شرایط مطلوب خصوصیات خاک، آب و توپوگرافی، داشته باشند. این نواحی که حدود چهار درصد از مساحت شهرستان را در بر می‌گیرند و با رنگ زرد مشخص شده‌اند، قسمت‌هایی در جنوب شهرستان (نیمه جنوبی بخش فیض‌آباد) را شامل می‌شوند.

۲- مناطق مناسب (درجه ۲): از لحاظ عوامل اقلیمی مناسب زعفران، در شرایط ضعیف‌تری نسبت به مناطق بسیار مناسب قرار دارند، اما با کشت زعفران در این مناطق می‌توان عملکرد محصول به نسبت خوبی را از آن‌ها انتظار داشت. این ناحیه با مساحتی در حدود پنج هزار کیلومترمربع، عمده مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲۲- پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در تربت حیدریه

Fig. 22- Climatic potential of Saffron cultivation in Torbate Hydariyeh city

۳- مناطق متوسط (درجه ۳): دارای پتانسیل اقلیمی پایینی برای کشت زعفران می‌باشند، یعنی این‌که این نواحی که حدود ۲۷ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهند، برای کشت زعفران با ریسک مواجه بوده و احتمال کاهش عملکرد وجود دارد و لذا ضروری است برنامه‌ریزی‌های لازم صورت پذیرد. این ناحیه به طور عمده شمال و نوارهایی از مرکز و جنوب شهرستان را در بر می‌گیرد.

٤- مناطق ضعیف (درجه ٤): به دلیل عدم وجود شرایط اقلیمی مناسب، کشت زعفران در این مناطق مقرون به صرفه اقتصادی نیست. این ناحیه مناطقی از شمال و شرق شهرستان را تشکیل می‌دهد، و شامل نواحی شرقی بخش زاوه، شمال بخش مرکزی و قسمت‌های عمده بخش‌های رخ و کدکن می‌باشد. علت اصلی محدودیت این مناطق وجود شرایط نامناسب دمایی در مرحله گلدهی و شرایط نامناسب بارش می‌باشد.

٥- مناطق بسیار ضعیف (درجه ٥): در این نواحی که ده درصد از مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهند و شامل کاربری‌هایی غیر از کشاورزی نیز می‌باشند، امکان کشت زعفران وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

با عنایت به جمع‌بندی نتایج و در نظر گرفتن فاکتورهای مورد بررسی مشاهده شد که بیشترین مساحت شهرستان از پتانسیل اقلیمی بالایی برای کشت زعفران برخوردار می‌باشد. در حالی‌که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (Khaledi, 1994) و به‌کارگیری اطلاعات آب و هوایی، به منظور بهبود عملیات کشاورزی و افزایش تولید کشاورز از جنبه کیفی و کمی است. توجه به این نکته که شهرستان تربت حیدریه به عنوان بزرگترین قطب تولید زعفران در ایران و جهان محسوب می‌شود و با توجه به درآمد بالای این محصول، اقدام به کشت بی‌رویه زعفران در تربت حیدریه شده است که مشکلاتی از جمله کاهش کیفیت خاک و کاهش عملکرد را به دنبال داشته است. با توجه به این‌که هدف افزایش سطح زیر کشت در جهت افزایش عملکرد می‌باشد، لذا تعیین مناسب‌ترین مناطق کشت در کلیه اراضی در سطح شهرستان امری مهم تلقی می‌شود تا برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت افزایش عملکرد صورت گیرد و از کشت در نقاط نامناسب جلوگیری شود. بر اساس نقشه نهایی پس از جدا کردن کاربری‌هایی که قابلیت تغییر به اراضی کشاورزی را ندارند از نقشه کاربری اراضی، مشخص شد که بیشترین مساحت منطقه از شرایط مناسب اقلیمی برخوردار هستند و عمده محدودیت‌ها در نواحی شمالی منطقه و قسمت‌های کوچکی در شرق دشت زاوه می‌باشند که می‌بایست از کشت زعفران در این مناطق خودداری نمود یا برنامه-

ریزی‌های لازم از جمله آبیاری و کوددهی، صورت پـذیرد. در نهایـت ذکر این نکته نیز ضروری است که عـلاوه بـر عوامـل اقلیمـی سـایر عناصر از قبیل ارتفاع، شیب، نوع خاک و آب مورد استفاده نیز می‌تواند در فرآیند کشت محصول زعفران و در نتیجه جهت دستیابی به نتـایج دقیق‌تر، مؤثر باشند.

منابع

Asgharpour, M.J. 2006. Multi criteria decision making. Tehran University Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

Dey, P.K., and Ramcharan, E.K. 2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management 88: 1384-1395.

Farajzade, M., and Myrzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Human Sciences Modarres 50(1): 67-91. (In Persian with English Summary)

Hatami Sardashti, Z., Jami Al-Ahmadi, M., Mahdavi Damghani, A.M., and Behdani, M.A. 2011. Evaluation of sustainability in saffron agroecosystems in Birjand and Qaen counties. Journal of Agroecology 3(3): 396-405. (In Persian with English Summary)

Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Qazvin province for Saffron cultivation based on Multi-Criteria decision making method. Journal of Natural Geographic Research 66: 101-119. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Hemmatikakhaki, A., and Karbasi, A.R. 2002. History, Economic importance, cultivated area, production and saffron usages, in: Kafi, M. (Eds.), Saffron (*Crocus sativus* L.): Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad, Iran p. 21-38 (In Persian)

Kafi, M., Rashed Mohassel, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2001. Saffron: Technology of Production and Precessing. Zaban and Adab Publication, Mashhad, Iran 276 pp. (In Persian)

Kamali, G. 1997. Ecological study of dryland farming potential in West Country of climatic on dryland wheat. PhD dissertation, Science and Research Branch of Tehran, Islamic Azad University, Iran. (In Persian with English Summary)

Khaledi, S. 1994. Applied Climatology (Application of Climate in the Regional Planning). Qomes Publication, Tehran, Iran 295 pp. (In Persian)

Koozehgran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, S.H., and Behdani, M.A. 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in south Khorasan to identify relevant areas for saffron cultivation using GIS. Journal of Soil and Water 25(4): 892-904. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H.M., and Moghtaderi, G.A. 2005. The relationship between climatic elements and necrosis of date palm bunch using regression model. Wilderness 10(2): 339-348. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H., Ranjbar, F., and Soltani, M. 2011. Climatic potentials assessment for saffron cultivation in Marvdasht. Geography and Environmental Planning Journal 43(3): 143-158. (In Persian with English Summary)

Narayana Reddy, M., and Rao, N.H. 2011. GIS Based Decision Support Systems in Agriculture, National Academy of Agricultural Research Management Rajendranagar p. 1-11.

Nokandi, A.K. 1999. Effects of climatic factors on saffron cultivation in South Khorasan. MSc Thesis, Isfahan University. Iran. (In Persian with English Summary)

Omkarprasad, V., and Sushil, K. 2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications, April.

Tofigh, H. 1994. Multi criteria evaluation in physical planning. Journal of Abadi 11: 40-43. (In Persian)

Xue, Y.J., Hu, Y.M., Liu, S.G., Yang, J.F., Chen, G.C., and Bao, S.T. 2007. Improving land resource evaluation using fuzzy neural network ensembles. Remote sensing of Environment 11: 369-384.

Yazdchi, S., Rasuli, A.A., Mahmoudzadeh, H., and Zrrinbal, M. 2011. Land capability evaluation of Marand county intended for saffron cultivation using multi criteria decision analysis systems. Journal of Soil and Water Science 1(3): 151-170. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 237-253

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۵۳-۲۳۷

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.)

رقیه محمدپور وشوایی[1*]، محمد گلوی[2]، محمود رمرودی[2] و براتعلی فاخری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰٤/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲٦

چکیده

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعناع می‌باشد که دارای خواص ضداسپاسم، ضدعفونی‌کننده، ضدنفخ، ضدسرفه، خلط‌آور و آنتی‌اکسیدان می‌باشد. به منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری با ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کرت‌های فرعی شامل تغذیه گیاه با کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به صورت بذر مال بودند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار و درصد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن بودند. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۰۹ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۱۰۳/۵۲ و ۴۳/۲۷ گرم در بوته) و عملکرد اسانس (۰/۳۵۰ میلی‌لیتر در بوته) در تیمار ۹۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین حاصل شد. حداکثر مقدار اسانس با ۰/۴۱۳ درصد به تیمار ۷۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین تعلق داشت. مهم‌ترین جزء تعیین کننده عملکرد اسانس در آویشن وزن تر سرشاخه‌های گلدار بود. گیاهان تحت آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین درصد نسبی تیمول (برای کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۷۱/۳۲، ۵۰/۶۸ و ۴۷/۷۱ درصد) بودند که این اثر با کاهش محتوای پارا-سیمن همراه بود. کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید و موجب بهبود رشد، درصد و عملکرد اسانس و ترکیب فنلی تیمول آویشن شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بیوفسفر، تنش کم‌آبی، گیاهان دارویی، نیتروکسین، میکوریزا

مقدمه

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعناع[2] می‌باشد که در مناطق مختلف جهان رشد می‌کند (Davis, 1982). آویشن بومی منطقه غرب مدیترانه و جنوب ایتالیا است (Gigord et al., 1999). آویشن دارای برگ‌های کوچک نیزه‌ای سبز رنگ به طول شش تا ۱۲ میلی‌متر، ساقه کوتاه و چهار گوش است که ساقه در پایین چوبی و در بخش جوان‌تر سبز رنگ می‌باشد. اسانس در تمامی قسمت‌های گیاه وجود دارد، ولی بیشتر در سرشاخه‌های گلدار دیده می‌شود. به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند، آویشن دارای خواص ضداسپاسم، ضدعفونی کننده، خلط‌آور، ضدنفخ، ضدسرفه و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Dapkevicius et al., 2002). اسانس گیاه شامل مقادیر بسیار متغیری از ترکیب‌های فنلی مانند تیمول و کارواکرول (۲۰ تا ۸۰ درصد)، منوترپن‌های هیدروکربنی مانند پارا-سیمن، گاما-ترپینن و الکل‌هایی مانند لینالول، آلفا-ترپینن و توجان می‌باشد. معمولاً عمده‌ترین ترکیب‌های فنلی آویشن تیمول، کارواکرول و فلاونوئیدها می‌باشند که اغلب تصور می‌شود که خاصیت ضدباکتری، ضدنفخ، ضدکرم و ضدقارچ داشته باشند (Barnes et al., 2002; Leung & Foster, 1996; Jellin et al., 2000). نیک آور

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشدآگرواکولوژی، دانشیار، گروه زراعت و دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)
2- Lamiaceae

و همکاران (Nickavar et al., 2005) نشان دادند که اصلی‌ترین ترکیبات اسانس آویشن تیمول (۲۰/۸ درصد) و کارواکرول (۵۲/۸ درصد) می‌باشند. همچنین پارا-سیمن (۴/۱ درصد)، بورنئول (۱/۵ درصد) و گاما-ترپینن (۵/۴ درصد) از دیگر ترکیبات موجود در اسانس بودند. روستائیان و همکاران (Rustaiyan et al., 2000) ترکیب‌های اصلی موجود در اسانس آویشن را تیمول (۴۰/۸ درصد)، کارواکرول (۲۴/۸ درصد)، گاما-ترپینن، پارا-سیمن و بورنئول گزارش نمودند. بارانائوسکین و همکاران (Baranauskiene et al., 2003) ترکیبات اصلی عصارهٔ آویشن را تیمول (۴۴/۴ تا ۵۸/۱ درصد)، پارا-سیمن (۹/۱ تا ۲۸/۵ درصد)، گاما-ترپینن (۶/۹ تا ۱۸/۹ درصد) و کارواکرول (۲/۴ تا ۴/۲ درصد) گزارش نمودند.

در پی بحران آلودگی‌های زیست محیطی، به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از کودهای زیستی استفاده شده است (Sharma, 2002). کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین نمایند (Han & Supanjani, 2006). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (Wu et al., 2005). علاوه بر این موجب بهبود کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند (Cardoso & Kuyper, 2006). در حال حاضر ثابت شده است که این باکتری‌ها با مکانیسم‌های متعددی سبب افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌شوند. افزایش فراهمی عناصر با افزایش انحلال مواد و عناصر غذایی و تولید مواد کلات‌کننده در محیط ریزوسفر، افزایش جذب عناصر غذایی، بیوسنتز هورمون‌های گیاهی، کنترل پاتوژن‌های گیاهی و مقاومت گیاه در مقابل آن‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و حتی اسیدیته بالای خاک از جمله این مکانیسم‌ها می‌باشند (Glick et al., 1998; Chen, 2006; Nagananda et al., 2010). در برخی منابع به تأثیر مثبت کودهای بیولوژیک در بهبود رشد گیاه دارویی آویشن باغی (Vital et al., 2002) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) (Leithy et al., 2006) اشاره شده است. حضور باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* در محیط ریشه برخی گیاهان *دارویی* از جمله پروانش (*Catharanthus roseus* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، و صبر زرد[1] (*Coleus forskohlii* L.) گزارش شده است، به طوری‌که جمعیت این باکتری‌ها در هر چهار گونه گیاه دارویی در مقایسه با محیط غیر ریشه‌ای گیاهان بیشتر بود. این نتایج می‌تواند در معرفی کودهای بیولوژیک برای تولید تجاری این گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Karthikeyan et al., 2008). میجاهد و همکاران (Migahed et al., 2004) در بررسی اثر باکتری‌های *Azospirillum lipoferum*، *Azotobacter chroococcum* و *Bacillus megaterium* به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر بر رشد و عملکرد کرفس وحشی (*Apium graveolens* L.) گزارش نمودند که کاربرد این باکتری‌ها منجر به تولید مواد محرک رشد گیاه در محیط ریشه گردید و از طرف دیگر، افزایش رشد، عملکرد و اسانس گیاه در مقایسه با تیمارهای تلقیح نشده را به همراه داشت. نتایج مطالعه شباهنگ و همکاران (Shabahng et al., 2014) روی اثر سطوح کود دامی و تلقیح با قارچ همزیست *مایکوریزا* بر رشد، عملکرد کمّی و کیفی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) نشان داد که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان داد که همزیستی با مایکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. در گیاه گندمی یا گندمک آبی (*Vallisneria spiralis* Tiger) کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی مخلوط باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas rubiacearum* در ترکیب با کود آلی کمپوست سبب ۳۴ درصد افزایش وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهایی شد که تنها از کود آلی استفاده شده بود. علاوه بر این جمعیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در محیط ریشه گیاه در این تیمار افزایش یافت (Young et al., 2004). نتایج حاصل از مطالعه عبدالجلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007) حاکی از آن بود که تیمار گیاهچه‌های گیاه دارویی پروانش با باکتری محرک رشد گیاه *سودوموناس* (*Pseudomonas fluorescens*) سبب افزایش عملکرد زیست‌توده و میزان آلکالوئید در گیاه در شرایط تنش آب

1- Aloe vera

گردید. نتایج تحقیق یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) حاکی از آن بود که استفاده از کود بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه در چین‌های اول و دوم در طی دو فصل گردید. این محققان اظهار داشتند که کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات و جایگزینی آن‌ها با تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی در بهبود ویژگی‌های رشدی و ترکیبات اسانس گیاه مریم‌گلی کارآیی بالایی دارند. جوشی و همکاران (Joshee et al., 2007) در گیاه دارویی بشقابی (*Scutellaria integrifolia* L.) گزارش نمودند که تلقیح ریشه این گیاه با *مایکوریزا* نه تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه مؤثر بوده است، بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک‌های حاشیه‌ای که با کمبود فسفر نیز مواجه هستند، افزایش داده است. سایلو و باگیاراج (Sailo & Bagyaraj, 2005) در بررسی اثر گونه‌های مختلف قارچ *مایکوریزا آربوسکولار* بر رشد گیاه دارویی صبر زرد گزارش نمودند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه، زیست‌توده گیاه و همچنین میزان فسفر و ماده مؤثره فورسکولین در گیاهان تحت تیمار قارچ *مایکوریزا* نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج تحقیق راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) حاکی از آن بود که ترکیب قارچ *مایکوریزا* با باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *باسیلوس* و *آزوسپیریلوم* منجر به افزایش زیست‌توده و میزان فسفر در گیاه دارویی علف‌لیمو (*Cymbopogon martini* L.) گردید.

افزایش محتوای داروئی ترکیبات مطلوب گیاهان دارویی با دستکاری تکنیک‌های زراعی از جمله آبیاری، کوددهی یا سیستم‌های فتوبیوراکتور امکان‌پذیر می‌باشد. در طول فرآیند تکامل و تولید متابولیت‌های ثانویه، متابولیسم ثانویه گیاه و متابولیت‌های حاصل از آن تحت تأثیر پاسخ و سازگاری تنش‌های محیطی متفاوت پیوسته به عوامل محیطی از جمله عوامل زنده و غیر زنده می‌باشند (Xia et al., 2007). تنش‌های زنده و غیر زنده اثر قابل ملاحظه‌ای بر رشد، عملکرد و سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند (Dixon & Paiva, 1995).

کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست (Babaee et al., 2010). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، به خصوص مراحل گلدهی و دانه‌بندی محدودکننده عملکرد است (Kalamian et al., 2006). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم (که به نحوی کارآیی فتوسنتز را کاهش می‌دهند.)، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. تنش آب به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند، کاهش دهد. از این‌رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود. سیمون و همکاران (Simon et al., 1992) با بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبی روی گیاه ریحان مشاهده نمودند که با تشدید کمبود آب وزن خشک برگ و ساقه کاهش یافت. مانی رام و همکاران (Muni Ram et al., 1995) ضمن بررسی رژیم‌های مختلف رطوبت خاک بر گونه‌ای از نعناع نتیجه گرفتند که افزایش رطوبت خاک، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را به طور معنی‌داری افزایش داد. فاروغی و همکاران (Farooqi et al., 1999) دریافتند که تنش آبی در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش گیاه سنبل هندی (*Cymbopogon winterianus* L.) باعث کاهش عملکرد اندام رویشی، ارتفاع گیاه و سطح برگ شد. الکایر و همکاران (Alkire et al., 1993) با بررسی اثر آبیاری کامل، آبیاری مختصر و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperata* L.) نتیجه گرفتند که تنش آبی طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش می‌دهد. رضاپور و همکاران (Rezapor et al., 2011) طی آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد اسانس گردید.

با توجه به اهمیت ترکیب‌های فنلی اسانس آویشن (تیمول) در صنعت داروسازی و از آن‌جا که هدف جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کیفیت، کمیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد، به نظر می‌رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی داشته باشد. از طرف دیگر استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسأله مهم در جهت

حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد که تحت تنش آب می‌تواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد (Gliessman, 1998). بنابراین، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی و تنش خشکی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریای آزاد در سال‌های زراعی۱۳۹۰-۱۳۹۱ و۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق دما ۴۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۵۳ و ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. بر اساس نتایج آزمایش خاک از عمق صفر تا۳۰ سانتی‌متر، بافت خاک رسی- سیلتی، اسیدیته ۷/۱۶، هدایت الکتریکی ۱/۵dS.m^{-1}، نیتروژن کل ۰/۱۷ درصد، فسفر قابل دسترس ۱۲ppm و پتاسیم قابل دسترس ۱۴۰ppm تعیین شد.

بذور مورد نیاز برای کشت، از سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد و در ۱۵ اسفند سال۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ کشت گردیدند. طرح مورد آزمایش اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار بود. عامل اصلی شامل تنش خشکی با چهار سطح (آبیاری ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل فرعی شامل کود زیستی با سه سطح نیتروکسین (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* sp. با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر)، بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم) و قارچ *مایکوریزا* (*G. intraradices*) بود. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO[1]) و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. عملیات بذرمال کردن کودها شامل قرار دادن بذور به مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی بود. برای تلقیح بذور با قارچ *G. intraradices*، ابتدا بذور آویشن با محلول صمغ عربی (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) ترکیب و سپس با قارچ *G. intraradices* آغشته گردید. پس از تلقیح و خشک شدن بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید بلافاصله اقدام به کاشت گردید. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

کاشت به صورت هیرم‌کاری صورت گرفت. بدین منظور سه تا چهار بذر در داخل هر کرت آزمایش در کپه‌هایی با عمق سه سانتی-متر قرار گرفت. کرت‌های آزمایشی از شش خط پنج متری تشکیل شده بود. فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین بوته‌های هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین دو کرت دو متر و فاصله بین تکرارها نیز سه متر بود. رطوبت در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب ۲۸/۵ و ۱۲/۵ درصد حجمی خاک تعیین گردید. تفاضل رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت نقطه پژمردگی، به عنوان رطوبت قابل دسترس در نظر گرفته شد. هر روز درصد حجمی رطوبت خاک تعیین شد و زمان آبیاری تیمارهای مختلف به دست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی با تانکر انجام شد. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت‌سنج TDR[2] مدل دلتا تی (Delta-T Devices Ltd. UK) انجام گرفت. عملیات تنک کردن در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. وجین علف-های‌هرز در سه نوبت با دست انجام گردید. برداشت در مرحله گلدهی (سال ۱۳۹۱ در اول خرداد و سال ۱۳۹۲ در ۱۲ خرداد) انجام شد. صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار، درصد اسانس و عملکرد آن روی ده بوته که به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. در مرحله برداشت سرشاخه ده بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و وزن شدند. سپس در سایه و در جریان باد خشک شدند و وزن خشک آن‌ها بر حسب گرم در بوته محاسبه شد. از هر نمونه خشک شده ۱۰۰ گرم آسیاب گردید و به مدت دو ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین شد. ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس توسط دستگاه

1- Mehr Asia biotechnology company
2- Time domain reflectometry

کروماتوگرافی گاز (GC) (کروماتوگرافی گازی مدل شیماتزو[1] مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده پرداز Chromatepac، ستون DB-5 و نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۲۲/۷ سانتی‌متر بر ثانیه، برنامه حرارتی ۲۵۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت چهار درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.) و کروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) (کروماتوگرافی گازی Varin-3400 متصل شده با طیف‌سنج جرمی (Saturn II)، ستون DB-5 و نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، دتکتور Ion trap، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۳۵ میلی‌لیتر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون-وات، برنامه حرارتی ۲۴۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت سه درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود.) واقع در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تجزیه شد. پس از تزریق اسانس به دستگاه‌های نامبرده، با استفاده از زمان بازداری ترکیب‌ها (tR)، اندیس بازداری (RT) طیف جرمی و مقایسه این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد و یا با اطلاعات موجود در کتابخانه نسبت به شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس اقدام گردید. درصد کمی این ترکیب‌ها نیز با محاسبه سطوح زیر منحنی در کروماتوگرام‌ها محاسبه شد (Adams, 2001).

ویژگی‌های مورد بررسی برای دو سال تجزیه مرکب و مقایسه میانگین شدند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS[2] (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت.

نتایج و بحث

رشد رویشی

اثر تنش کمبود آب بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه (۳۰/۹۲ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (۹۵/۱۱ و ۳۷/۵۳ گرم در بوته) در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۲۲/۲۳ سانتی‌متر و ۴۰/۷۹ و ۲۲/۸۱ گرم در بوته) در تیمار آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (جدول ۲). تیمار کودی اثر معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار داشت (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه (۲۸/۴۸ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (۷۷/۹۱ و ۳۴/۱۲ گرم در بوته) در تیمار کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۲۲/۳۷ سانتی‌متر و ۶۱/۱۶ و ۲۶/۴۹ گرم در بوته) در تیمار کود زیستی مایکوریزا مشاهده شد (جدول ۲). برهمکنش تیمارهای کودی و تنش کمبود آب برای ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی نیتروکسین بیشترین ارتفاع گیاه (۳۵/۰۹ سانتی-متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۱۰۳/۵۲ و ۴۳/۲۷ گرم در بوته) و در تیمار آبیاری با۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی مایکوریزا کمترین مقدار آن‌ها (به ترتیب ۱۹/۵۵ سانتی-متر و ۳۵/۱۸ و ۱۸/۹۸ گرم در بوته) به دست آمد (جدول ۳).

ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می-گیرند (Erkossa et al., 2002). پارامترهای رشد رویشی با افزایش تنش خشکی کاهش یافتند. کاهش عملکرد در طی افزایش سطح تنش خشکی بر اساس نظر سروالی و همکاران (Sreevalli et al., 2001) می‌تواند مربوط به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش‌های هوایی گیاه باشد. تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی می‌گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول-ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی می‌باشند (Kusaka et al., 2005). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌هاست. کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به

1- Shimatzu
2- Statistical analysis system

همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Omidbaygi et al., 2003). لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) در آزمایش گلخانه‌ای، اثرات سه سطح آب خاک ۶۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر روی گیاه آویشن مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد. بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) اذعان داشتند که تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک اندام رویشی آویشن را کاهش می‌دهد. جانسن و همکاران (Janssen et al., 1987) بیان داشتند که وزن تر و خشک گیاه آویشن اسپانیایی با افزایش تنش آبی کاهش می‌یابد.

براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد ماده خشک در گیاه کاسته می‌شود، اما با به‌کارگیری کود زیستی به ویژه در سطوح بالای تنش خشکی می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست که این مسأله را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارآیی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش به سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به دنبال خواهند داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد کمی و کیفی آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 1- Combined analysis of variance of quantitative and qualitative yield of thyme under drought stress and biofertilizer

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean sum of squares				
		ارتفاع بوته Plant height	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	درصد اسانس Essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال Year	1	29.42**	99.36ns	274.98*	0.00301ns	0.00461ns
تکرار (سال) Replication (year)	2	0.13	17.43	2.98	0.00048	0.00198
تنش خشکی Drought stress	3	184.92**	6618.28**	500.90**	0.00322**	0.06580**
سال× تنش خشکی Year× drought stress	3	3.29**	28.93ns	1.39ns	0.00005ns	0.00006ns
تکرار× تنش خشکی (سال) Replication× drought stress (year)	6	0.10	24.46	0.88	0.00004	0.00152
کود زیستی Biofertilizer	2	160.60**	1130.53**	241.90**	0.00881**	0.02290**
تنش خشکی× کود زیستی Drought stress× biofertilizer	6	7.87**	44.66**	7.92**	0.01790**	0.00280**
سال× کود زیستی Year× biofertilizer	2	3.66**	58.41**	3.18**	0.00025*	0.00011ns
تنش خشکی× کود زیستی× سال Drought stress× biofertilizer× year	6	0.79**	6.85ns	4.12**	0.00031**	0.00014ns
خطا Error	16	0.11	4.62	0.51	0.00007	0.00032
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.28	3.11	2.38	2.44	7.61

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non significant respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آویشن (مرکب)

Table 2- Mean comparisions of drought stress and biofertilizer simple effects on quantitative and qualitative yield of thyme (Combined)

تیمار Treatments	سطوح Levels	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (میلی-لیتر در بوته) Essential oil yield ($ml.plant^{-1}$)
تنش خشکی Drought stress	۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity	30.92[a*]	95.11[a]	37.53[a]	0.319[d]	0.305[a]
	۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	27.07[b]	79.61[b]	32.44[b]	0.357[a]	0.281[a]
	۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	23.41[c]	60.97[c]	26.68[c]	0.346[b]	0.211[b]
	۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity	22.23[d]	40.79[d]	22.81[d]	0.332[c]	0.141[c]
کود زیستی Biofertilizer	مایکوریزا Mycorrhiza	22.37[c]	61.16[c]	26.49[c]	0.316[c]	0.204[c]
	بیوفسفر Biophosphorus	26.88[b]	68.28[b]	28.99[b]	0.337[b]	0.2219[b]
	نیتروکسین Nitroxin	28.48[a]	77.91[a]	34.12[a]	0.363[a]	0.277[a]

* در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* In the each column for every treatment, similar letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Han & Supanjani, Rademacher, 1994; Kader, 2002; 2006). باکتری‌های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پ مصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک‌ها موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی می‌شوند (Han & Supanjani, 2006; Gutierrez-Manero et al., 2001).

دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد. در منابع مختلف به نقش مفید و مؤثر میکروارگانیزم‌ها در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی اشاره شده است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) مشاهده کردند که کاربرد مایه تلقیح *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* و قارچ *مایکوریزا* منجر به افزایش ارتفاع، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول گیاه سیاهدانه نسبت به شاهد گردید. در این میان تلفیق *مایکوریزا* و *آزوسپیریلوم* بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشت. وینوتا (Vinutha, 2005) گزارش نمود که تلقیح گیاه ریحان با گونه‌های مختلف باکتری *ازتوباکتر* و قارچ *گلوموس* سبب افزایش زیست‌توده، سرعت رشد و میزان اسانس گیاه می‌شود. در تحقیقی کاربرد کود زیستی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه مریم گلی در چین‌های اول و دوم طی دو فصل گردید (Youssef et al., 2004). اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) نشان داد که کود فسفات زیستی دارای تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک می‌باشد (Darzi et al., 2008). وو و همکاران (Wu et al., 2005)

علت بهبود ارتفاع گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با کودهـای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز عنوان کردند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آویشن (مرکب)

Table 3- Mean comparisons of drought stress and biofertilizer interaction on quantitative and qualitative yield of thyme (Combined)

تنش خشکی Drought stress	کود زیستی Biofetilizer	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight (g.plant^{-1})	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (میلی-لیتر در بوته) Essential oil yield (mL.plant^{-1})
۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	26.67^{d*}	87.59^{c}	34.21^{c}	0.203^{h}	0.180^{ef}
	بیوفسفر Biophosphorus	31.01^{b}	94.21^{b}	35.11^{c}	0.278^{g}	0.260^{c}
	نیتروکسین Nitroxin	35.09^{a}	103.52^{a}	43.27^{a}	0.345^{ed}	0.350^{a}
۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	22.52^{g}	66.25^{e}	28.88^{e}	0.335^{ef}	0.260^{c}
	بیوفسفر Biophosphorus	27.100^{c}	80.30^{d}	31.22^{d}	0.363^{c}	0.303^{b}
	نیتروکسین Nitroxin	30.70^{b}	92.29^{bc}	37.22^{b}	0.413^{a}	0.323^{ab}
۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	20.75^{h}	55.63^{f}	23.91^{f}	0.328^{f}	0.213^{de}
	بیوفسفر Biophosphorus	24.50^{e}	58.97^{f}	25.72^{f}	0.353^{cd}	0.240^{cd}
	نیتروکسین Nitroxin	24.99^{e}	68.32^{e}	30.41^{de}	0.393^{b}	0.263^{c}
۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	19.55^{h}	35.18^{h}	18.98^{g}	0.323^{f}	0.015^{f}
	بیوفسفر Biophosphorus	23.99^{ef}	39.66^{h}	23.89^{f}	0.350^{cde}	0.076^{g}
	نیتروکسین Nitroxin	23.16^{fg}	47.53^{g}	25.57^{f}	0.380^{b}	0.195^{e}

* در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* In the each column for every treatment, similar letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

تیمار کود زیستی نیتروکسین بیشـترین رشـد رویشـی را حاصـل نموده است و پس از آن بیوفسفر و مایکوریزا قرار داشتند. افزودن کود زیستی نیتروکسین به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مـورد نیـاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآینـدهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبـات افزایش دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت رشد رویشی را فـراهم آورده است. *آزوسپیریلوم* موجود در نیتروکسین، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقـب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیـده اسـت و از ایـن طریق در افزایش عملکرد سرشاخه‌های گلدار تـأثیرگـذار بـوده اسـت (Tilak et al., 2005). *ازتوباکتر* موجـود در نیتروکسـین بـا تولیـد ترکیبات ضدقارچی بر علیه بیماری‌هـای گیـاهی و همچنـین تقویـت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه در نهایت بهبود رشد گیاه را به دنبـال داشـته است (Chen, 2006). در محیط ریشه گیاه، *ازتوباکتر* و *آزوسـپیریلوم* توانایی ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیک فعال ماننـد اکسـین‌هـا، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیـک، اسـید پنتوتنیـک، بیوتین و غیره را دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا نمـوده‌انـد (Karthikeyan et al., 2008). گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* موجود در نیتروکسـین بـا کنتـرل قـارچ‌هـای بیمـاری‌زا (Pal et al., 2001) و از طریق سازوکارهای مختلفی از جملـه تولیـد سـیدروفورها،

سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه شدند (Abdul-Jaleel et al., 2007). از آن‌جایی که کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودهای مورد استفاده کامل‌تر می‌باشد، بنابراین رشد بهتر گیاه در نتیجه استفاده از این کود دور از انتظار نمی‌باشد.

درصد و عملکرد اسانس

در تجزیه مرکب دو سال زراعی نوع کود زیستی، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد و عملکرد اسانس آویشن داشتند (جدول ۱). بیشترین درصد اسانس (۰/۳۵۷ درصد) از گیاهان تحت تنش آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. کمترین درصد اسانس (۰/۳۱۹ درصد) برای گیاهان تحت تنش آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۲). در آزمایش‌های لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) روی آویشن نیز بیشترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. تصور بر این است که در شرایط تنش خشکی و کم‌آبی تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد. تنش خشکی تا میزان ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، موجب افزایش درصد اسانس شده است و با افزایش بیشتر تنش خشکی درصد اسانس کاهش یافت. با افزایش تنش خشکی برای جلوگیری از مخاطرات حیاتی برای گیاه، درصد اسانس کاهش یافته است. تأثیر تنش خشکی بر کاهش درصد اسانس گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش درصد اسانس می‌باشد. رفعت و صالح (Refaat & Saleh, 1997) در ریحان نیز گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس افزایش می‌یابد. لتچامو و گاسلین (Letchamo & Gasselin, 1996) اثر سه رژیم رطوبتی ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر گیاه آویشن بررسی و مشاهده نمودند که بالاترین درصد و عملکرد اسانس در شرایط ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد که این نتیجه در توافق با یافته‌های این تحقیق بود.

بیشترین عملکرد اسانس (۰/۳۰۶ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت تنش آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که اختلاف آن با گیاهان تحت تنش آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش بیشتر تنش خشکی عملکرد اسانس کاهش یافت و به کمترین مقدار خود رسید، طوری‌که کمترین مقدار عملکرد اسانس (۰/۱۴۱ میلی‌لیتر در بوته) برای گیاهان تحت تنش آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۲). این مسأله ناشی از این است که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین علل از دست دادن محصول در سرتاسر جهان است و موجب کاهش ۵۰ درصد و بیشتر عملکرد می‌گردد (Wang et al., 2003). کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک می‌تواند ناشی از اثر زیان‌بار تنش آبی بر رشد و توسعه پیکره رویشی گیاه باشد. از آن‌جا که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد سرشاخه‌های گلدار گیاه می‌باشد و مهم‌ترین جزء عملکرد اسانس عملکرد پیکره رویشی گیاه بود (جدول‌های ۵ و ۶). بنابراین، اگر چه در شرایط کم آبی درصد اسانس افزایش یافته است، ولی به دلیل کاهش محسوس عملکرد سرشاخه‌های گلدار، عملکرد اسانس کاهش یافت. آب بافت‌های گیاهان تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد و این مسأله موجب محدود شدن فتوسنتز می‌گردد. واکنش گیاه به کمبود آب، بستن سریع روزنه‌ها برای جلوگیری از دست دادن آب بیشتر از طریق تعرق می‌باشد. در نتیجه انتشار CO_2 از برگ محدود می‌گردد و این مسأله موجب محدود شدن فتوسنتز در محل پذیرش ریبولوز ۱، ۵ بیوفسفات کربوکسیلاز/ اکسیژناز (Coronic et al., 1992) یا بازداری مستقیم آنزیم‌های فتوسنتزی مانند روبیسکو (Haupt-Herting & Fock, 2000) یا ساخت ATP (Nogues & Baker, 2000) می‌گردد. علاوه بر این، شرایط تنش باعث شکل‌گیری رادیکال سوپر اکسید (O_2) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال هیدروکسیل (OH) می‌گردند (Sairam & Saxena, 2000; Turkan et al., 2005). فعالیت این گونه‌های فعال اکسیژن (ROS[1]) باعث بروز صدماتی مثل اکسید شدن چربی‌ها، تغییر ساختار غشاء و از هم‌پاشیدگی یکپارچگی آن، تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مثل کلروفیل، حمله به مولکول‌های آبی مثل DNA و اختلال در این رشته‌های پروتئینی می‌گردد (Mohanty, 2003; Mittler, 2002; Habibi et al., 2004). این صدمات فیزیولوژیک موجب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌ها و از بین رفتن کلروفیل می‌گردد. کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و از بین رفتن کلروفیل موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز

1- Reactive oxygen speices

(کاهش گلوکز پیش‌ماده اسانس‌ها) و اجزای رشد رویشی و در نهایت کاهش عملکرد اسانس می‌گردد. اثرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس توسط رفات و صالح (Refaat & Saleh, 1997) در ریحان و لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) در آویشن و سولیناس و دایانا (Solinas & Deiana, 1996) در اکلیل کوهی (*Rosmarinus officinalis* L.) نیز گزارش گردیده است.

بیشترین درصد و عملکرد اسانس (۰/۳۶۳ درصد و ۰/۲۷۷ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت کود زیستی نیتروکسین به دست آمد و پس از آن به ترتیب کودهای بیوفسفر و مایکوریزا قرار داشتند (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی حاکی از آن بود که بیشترین درصد اسانس (۰/۴۱۳ درصد) از گیاهان تحت کشت کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار آن (۰/۲۰۳ درصد) از گیاهان تحت کشت کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). تحقیقات نشان داده است که CO_2 و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارند. کود زیستی از طریق کمک به جذب نیتروژن و فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و نهایتاً افزایش درصد اسانس شده است (Sangwan et al., 2001). عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2007) در رزماری و قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش (*Origanum Majorana* L.) افزایش مقدار اسانس در اثر تلقیح با *ازتوباکتر* و *باسیلوس* را ناشی از افزایش تعداد غده‌های ترشحی و بیوسنتز مونوترپن‌ها بیان کردند. علاوه بر این، به دلیل این‌که تیمول جزو ترکیبات فلاونوئیدی می‌باشد، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین مقادیر اضافی نیتروژن معمولاً رشد را تحریک نموده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند (Omidbaygi & Nobakht, 2001) ولی چون اسانس‌ها از گروه مواد شیمیایی ترپن‌ها بوده و یا منشأ ترپنی دارند و واحدهای سازنده ترپن‌ها ازجمله ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی‌متیل‌آلیل پیروفسفات (DMAPP) نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های فوق ضروری می‌باشد، بنابراین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن توسط ریشه آویشن، موجب افزایش درصد اسانس این گیاه داروئی شده‌اند. دلیل بهبود کیفیت گیاهان دارویی در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک به اثرات متقابل گیاه با ریزجاندار و انتقال سیگنال توسط ریزجاندار نسبت داده شده است (Karthikeyan et al., 2008). همچنین گزارش شده است که برخی از ریزموجودات خاکزی باعث تحریک مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (Demir, 2004). این موضوع با نتیجه تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) در رازیانه، راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) در علف لیمو، قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش و محفوظ و شرف‌الدین (Mahfoz & Sharaf-Eldin, 2007) در رازیانه مطابقت داشت. لیتی و همکاران (Leithy et al., 2006) در آزمایشی به اثر مثبت استفاده از کود بیولوژیک *ازتوباکتر* در افزایش اسانس گیاه دارویی رزماری اشاره داشتند. نتایج پژوهش کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیانگر اثر مثبت کاربرد کود زیستی مایکوریزا بر درصد اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بود. همچنین محفوظ و شرف الدین (Mahfoz & Sharaf-Eldin, 2007) بر روی گیاه رازیانه نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس گیاهان مذکور شد.

بیشترین عملکرد اسانس (۰/۳۵۰ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت تیمارهای کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که اختلاف آن با تیمارهای‌کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۳۲۳ میلی‌لیتر در بوته) معنی‌دار نبود. کمترین مقدار آن (۰/۰۱۵ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت تیمار-های کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). با توجه به اثر متقابل بین تیمارها، اختلاف عملکرد اسانس را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. به نظر می‌رسد که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکنین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان- ۱- کربوکسیلیک دی‌آمیناز- ۷ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتریت ACC به وسیله آنزیم ACC دآمیناز اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسید آسکوربیک مهم‌ترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir et al., 2004). به عبارت دیگر، کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در تعدیل شرایط تنش کم‌آبی از طریق بهبود فراهمی عناصر، ترشح مواد تحریک‌کننده رشد و تسریع

مراحل اولیه‌ای رشد مانند ریشه‌دوانی، جوانه‌زنی و سبز شدن مفید واقع شود (Nagananda et al., 2010). در تحقیقی کاربرد *باسیلوس* روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و زیست‌توده شد و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد (Banchio et al., 2009). با توجه به نتایج مصرف کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش کم‌آبیاری می‌توانند نقش مفیدی در جهت کاهش خسارت‌های شرایط تنش‌زا داشته باشند و مهم‌تر آن که، جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی، نوید بخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در آینده می‌باشد.

ترکیب اسانس

سطوح مختلف کود زیستی و تنش خشکی موجب تغییر (افزایش و کاهش) اسانس گیاه آویشن شدند (جدول ۴). ترکیبات فنلی مهم‌ترین ترکیبات معطر گیاه آویشن بودند. مهم‌ترین ترکیبات فنلی تیمول (۳۹/۴۹ تا ۷۱/۳۲ درصد) و کارواکرول (۰/۰۹ تا ۲/۱۰ درصد) بودند و پس از آن هیدروکربن‌های مونوترپتنی پارا–سیمن (۲۴/۶۲ تا ۳۴/۹۳ درصد)، گاما–ترپینن (۱/۳۶ تا ۵/۷۰ درصد)، میرسن (۲/۷۴ تا ۳/۹۱ درصد) و آلفا–پینن (۱/۶۱ تا ۳/۴۶ درصد) قرار داشتند. در بین ترکیبات الکلی مونوترپنی، لینالول (۰/۱۵ تا ۵/۹۸ درصد) و برنئول (۲/۰۸ تا ۵/۸۴ درصد) ترکیبات غالب بودند. ترانس کاریوفیلن (۰/۰۰ تا ۱/۹۴ درصد)، جرماکرن D (۰/۲۱ تا ۱/۵۶ درصد)، گاماکادینن (۰/۰۰ تا ۰/۴۰ درصد) مهم‌ترین ترکیبات سزکویی‌ترپنی[1] اسانس بودند. در بین ترپن‌های اکسیژنه شده، اکسید کاریوفیلن فراوان‌ترین ترکیب (۰/۰۰ تا ۰/۲۹ درصد) بود. این نتایج در توافق با نتایج گزارش شده توسط بارانائوسکین و همکاران (Baranauskiene et al., 2003) بود. این محققین بیان نمودند که مهم‌ترین ترکیبات اسانس آویشن تیمول (۴۴/۴ تا ۵۸/۱ درصد)، پارا–سیمن (۹/۱ تا ۲۸/۵ درصد)، گاما–ترپینن (۶/۹ تا ۱۸/۹ درصد) و کارواکرول (۲/۴ تا ۴/۲ درصد) می‌باشند. اوزکان و چالچار (Ozcan & Chalchar, 2004) دریافتند که اسانس آویشن اساساً متشکل از تیمول (۴۶/۲ درصد)، گاما–ترپینن (۱۴/۱ درصد)، پارا–سیمن (۹/۹ درصد)، لینالول (۴/۰ درصد)، میرسن (۳/۵ درصد)، آلفا–پینن (۳/۰ درصد) و آلفا–توجن (۲/۸ درصد) می‌باشد. تیمار آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ترکیبات اصلی اسانس از جمله تیمول که در کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۷۱/۳۲، ۵۰/۶۸ و ۴۷/۷۱ درصد را به خود اختصاص داده بود، تولید نمود که این اثر با کاهش پارا–سیمن که برای کود نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۲۵/۷۲، ۲۶/۷۸ و ۲۸/۲۹ درصد را به خود اختصاص داده بود، همراه بود. کارواکرول بیشترین درصد (۲/۱۰ درصد) را در گیاهان تحت کشت کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به خود اختصاص داده بود. این تیمار همچنین بیشترین درصد آلفا–هومولن (۲/۷۴ درصد)، جرماکرنD (۱/۵۶ درصد) و توریول (۱/۰۵ درصد) را نیز شامل شد. هیدروکربن‌های مونوترپتنی آلفا–پینن (۳/۴۶ درصد)، میرسن (۳/۹۱ درصد) و گاما–ترپینن (۵/۷۰ درصد) در گیاهان تحت کشت تیمار نیتروکسین و تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و هیدروکربن مونوترپتنی پارا–سیمن در گیاهان تحت کشت تیمار مایکوریزا و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار را شامل شدند. با در نظر گرفتن ارتباط بین ترکیب فنلی تیمول و مشتق هیدروکربنی پارا–سیمن در شرایط تنش خشکی، رابطه معکوسی بین این دو ترکیب مشاهده گشت. در تیمارهای کودی با افزایش تنش خشکی درصد تیمول برای جبران پارا–سیمن افزایش یافت. این بدین معنی است که نرخ تبدیل پاراسیمن به ترکیب فنلی تیمول در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. این یافته، این نتیجه‌گیری را که ترکیبات فنلی در شرایط تنش افزایش می‌یابند، را تأیید می‌نماید. این یافته در توافق با یافته‌های بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) در آویشن، استرادا و همکاران (Estrada et al., 1999) در فلفل (*Capsicum annuum* L.)، عمر (Omer, 1998) در مرزنجوش و عمر و همکاران (Omer et al., 1994) در مرزنجوش شیرین (*Majorana hortensis* L.) بود.

نتایج حاصل نشان داد که محتوای دارویی ترکیبات مطلوب با دستکاری تکنیک‌های زراعی از جمله آبیاری (تنش آبی) و کوددهی امکان‌پذیر می‌باشد. در کودهای زیستی متفاوت مورد استفاده با افزایش تنش خشکی، آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ترکیبات فنلی آویشن (تیمول) به عنوان مهم‌ترین ترکیبات آن را حاصل نمود. عوامل متعددی ممکن است سطوح مواد گیاهی اساسی فعال را در طول جمع‌آوری، فرآوری و نگهداری تحت تأثیر قرار دهند. در واقع تنش‌های زیستی و غیرزیستی اثر قابل ملاحظه‌ای بر سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند (Dixon & Paiva, 1995).

1- Sesquiterpenes

جدول ٤-اثر تنش خشکی و کود زیستی بر ترکیبات اسانس آویشن

Table 4- Effect of drought stress and biofertilizer on essential oil constituents of thyme

ترکیبات اسانس Essential oil constituents	۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity			۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity			۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity			۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity		
	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin
آلفا-پینن α-Pinene	2.62	2.13	2.78	2.96	2.74	3.46	2.23	1.81	2.83	2.06	2.39	1.69
میرسن Myrecen	3.25	2.74	0.59	3.20	3.48	3.91	3.15	2.74	3.28	3.12	2.84	2.94
پارا-سیمن ρ-Cymene	34.93	32.60	24.62	28.29	26.78	25.72	32.65	30.84	27.55	33.36	32.77	31.13
گاما-ترپینن γ-Terpinene	2.88	1.52	2.23	2.47	4.12	5.70	2.73	5.39	4.64	1.36	1.98	2.71
لینالول Linalool	2.81	2.43	2.74	2.78	2.38	0.15	2.60	3.03	2.34	5.98	4.38	2.13
کامفور Comphor	0.41	0.40	0.56	0.43	0.53	2.64	0.40	0.55	0.33	1.09	1.01	0.39
برنئول Boroneol	3.92	4.08	4.35	4.34	4.13	3.59	3.52	4.08	4.01	2.08	5.84	4.0
ترپینئول Terpineol	2.26	1.95	1.89	2.05	1.64	2.54	3.24	1.63	2.47	0.59	0.60	1.81
تیمول Thymol	39.49	43.30	47.87	47.71	50.68	71.32	40.35	44.20	45.94	39.87	42.15	44.24
کارواکرول Carvacrol	1.00	1.04	1.15	0.85	0.21	0.15	0.24	0.18	0.22	2.10	0.23	0.09
بتا بوربونلول β-Bourb onene	0.46	0.39	0.23	0.36	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	-	0.07	0.03
ترانس کاریوفیلن Trans-caryophllene	1.94	0.64	0.57	0.50	-	0.39	0.23	0.32	0.47	0.70	0.60	0.34
آلفا-هومولن α-Hemulene	0.34	1.41	1.29	1.33	-	-	-	-	-	2.74	1.58	1.56
کادینن Cadinene	0.87	0.73	0.27	0.31	1.80	1.12	2.12	0.09	1.97	0.52	0.37	0.46
جرماکرن D Germacrene D	0.42	0.21	0.75	0.65	0.26	0.24	0.32	0.34	0.77	1.56	0.37	0.81
توریول Torreyol	0.10	0.08	0.14	0.07	0.36	0.48	0.78	0.42	0.23	1.05	0.21	0.22
گاماکادینن γ-Cadinene	0.16	0.22	0.06	0.17	0.12	0.11	0.40	0.33	0.31	-	0.08	-
اکسید کاریوفیلن Caryophyllen oxid	0.27	0.29	0.11	0.24	0.13	0.14	0.16	0.11	0.15	-	0.29	0.19
کاروتول Carotol	0.13	0.18	0.10	0.10	0.25	0.16	0.34	0.25	0.27	-	0.31	0.31

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مربوط به عملکرد کمی و کیفی آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 5- Simple correlations of quantitative and qualitative yield-related traits of thyme under drought stress and biofertilizer

صفات Traits	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)
وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	0.84^{**}			
وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	0.86^{**}	0.89^{**}		
درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	0.08^{ns}	0.07^{ns}	0.19^{ns}	
عملکرد اسانس (میلی‌لیتر در بوته) Essential oil yield ($mL.plant^{-1}$)	0.76^{**}	0.93^{**}	0.88^{**}	0.38^{*}

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and non significant respectively.

جدول ٦- رگرسیون گام به گام عملکرد اسانس و اجزای آن در آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 6- Stepwise regression of essential oil yield of thyme under drought stress and biofertilizer

مدل Model	R^2	C (p)	F
Essential oil yield =0.00508+0.00332 Fresh weight	0.87	213.55	307.51^{**}
Essential oil yield =-0.15424+0.00324 Fresh weight +0.48764 Essential oil	0.98	6.50	193.63^{**}

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 0.01 probability level

تنش خشکی بیوسنتز ایزوپنتنیل پیروفسفات، پیش ماده اولیه ترپن‌ها، را در گیاهان القا می‌نماید. (Turtola et al., 2003; Milborrow, 2001). ایزومرهای ایزوپنتنیل دی‌فسفات مسئول ایزومریزاسیون ایزوپنتنیل دی‌فسفات به دی‌متیل آلیل دی‌فسفات برای ساخت واحد ایزوپرن، ترکیب اساسی برای ساخت کلیه ترپن‌ها، می‌باشند. آبرو و مزافرا (Abreu & Mazzafera, 2007) نشان دادند که کمبود آب محتوای ترکیبات اساسی علف چای (*Hypericum brasiliense* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است از طریق تخصیص مجدد کربن جذب شده موجب کاهش تدریجی رشد گیاه و افزایش متابولیت‌های ثانویه گردد. ارتباط فیزیولوژیک این پدیده از لحاظ هزینه رقابت ناشناخته است. اگر چه برای ترکیبات فنلی با ظرفیت آنتی اکسیدانی این پدیده ممکن است با مکانیزم مقابله با اثرات زیان‌آور گونه‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) در ارتباط باشد (Kirakosyan et al., 2004).

همبستگی و رگرسیون

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی، برای افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک طرفه صفات بدون در نظر گرفتن صفات دیگر، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت. نتایج حاصل از همبستگی بین صفات حاکی از آن بود که بیشترین همبستگی بین وزن تر سرشاخه‌های گلدار و عملکرد اسانس (۰/۹۳) وجود داشت (جدول ۵). همبستگی وزن تر سرشاخه‌های گلدار با وزن خشک آن (۰/۸۹) و ارتفاع بوته (۰/۸۴) و همبستگی وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ارتفاع بوته (۰/۸۶) بسیار قوی، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). لذا با افزایش وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و ارتفاع بوته وزن تر آن اضافه می‌گردد. همبستگی عملکرد اسانس با ارتفاع بوته (۰/۷۶)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۸) بسیار قوی، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). همبستگی عملکرد اسانس با درصد اسانس ضعیف و معنی‌دار (۰/۳۸) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از رگرسیون بین صفات مبین این بود که وزن تر بوته به تنهایی حدود ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد اسانس و درصد اسانس فقط ۱۱ درصد از تغییرات آن را توجیه می‌نماید (جدول ۶). بنابراین مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد اسانس در آویشن، وزن تر سرشاخه‌های گلدار آن می‌باشد که خود نیز متأثر از وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و ارتفاع بوته می‌باشد.

1- Reactive oxygen speices

نتیجه‌گیری

افزایش محتوای ترکیبات دارویی مطلوب آویشن با دست‌ورزی تکنیک‌های زراعی امکان‌پذیر می‌باشد. افزایش تنش خشکی تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی موجب افزایش ترکیبات فنلی مهم مثل تیمول گردید که در کود زیستی نیتروکسین ۷۱/۳۲ به دست آمد. نرخ تبدیل ترکیب هیدروکربنی پارا-سیمن به ترکیب فنلی تیمول در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید و موجب بهبود رشد، عملکرد، درصد اسانس و ترکیب فنلی تیمول آویشن شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca 35: 86-90.

Abdul- Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomas yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.

Abreu, I.N., and Mazzafera, P. 2007. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiolology and Biochemistry 43: 241-248.

Adams, R.P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography and Mass Spectrometry. Allured, USA.

Alkire, B.H., Simon, J.E., Palevitch, D., and Putievsky, E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soel. Indiana, USA. Acta Horticulture 344: 544-556.

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., and Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 653-657.

Baranauskiene, R., Venskutonis, P.R., Viskekis, P., and Dambrauskiene, E. 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agriculture and Food Chemistry 51(26): 7751-7758.

Barnes, J., Andreson, L.A., and Phillipson, J.D. 2002. Herbal Medicinses. A Guide for Healthcare Profe, Second Edition, London: Pharmaceutical Press.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil- Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand p. 11.

Coronic, G., Hashghaie, J.G., Genty, B., and Briantais, J.M. 1992. Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. Photosynthetica 27: 295-300.

Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen, J.P.H., and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. Journal of Natural Production 65: 892-896.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sephidkan, F., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and biological phosphate fertilizer on the quality and quantity of essential oil of fennel. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 396-413. (In Persian with English Summary)

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press, Edinburgh 7: 320-354.

Demir, S. 2004. Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Dixon, R.A., and Paiva, N. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. Plant, Cell and Environment 7: 1085-1097.

Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural Research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.

Estrada, B., Pomar, F., Do, A., Az, J., Merino, F., and Bernal, M.A. 1999. Pungency level in fruits of the Padron pepper with different water supply. Scientia Horticulturae 81: 385-396.

Farooqi, A.H.A., Fatima, S., Ansari, S.R., and Sharma, S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (plamerosa) cultivars. Journal of Essential Oil Research 11: 491-496.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio- fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). Journal of Agriculture and Biological Science 10: 381-387.

Gigord, L., Lavigne, C., Shykoff, J.A., and Atlan, A. 1999. Evidence for effects of restorer genes on male and female reproductive functions of hermaphrodites in the gyndioecious species *T. vulgaris* L. Journal of Evolutionary Biology 12(3): 596-604.

Glick, B.R., Penrose, D.M., and Li, J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. Journal of Theoritical Biology 190: 3-68.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press.

Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce highamounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum 111: 206-211.

Habibi, D.M., Boojar, M.A., Mahmodi, A., Ardakani, M.R., and Taleghani, D. 2004. Antioxidative enzayme in sunflower subjected to drought stress. 4th international Crop science Congress, Brishbane, Australia, 26 Septamber 1-Octobr p. 1-4.

Han, H.S., and Supanjani, K.D.L. 2006. Effect of co-inococulation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52: 130-36.

Haupt-Herting, S., and Fock, H.P. 2000. Exchange of oxygen and its role in energy dissipation during drought stress in tomato plants. Physiology Plantarum 110: 489-495.

Janssen, A.M., Scheffer, J.J.C., and Baerheim Svendsen, A. 1987. Antimicrobial activity of essential oils. A 1976-1986, literature review. Planta Medica 53(5): 395-397.

Jellin, J.M., Batz, F., and Hitchens, K. 2000. Natural Medicines Comperhensive database. California: Therapeutic Research Faculty.

Joshee, N., Mentreddy, S.R., and Yadav, K. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. Industrial Crops and Products 25: 169-177.

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kalamian, S., Modares Sanavi, S.A.M., and Sepehri, A. 2006. Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stages in leafy and commercial hybrids of maize. Agricultural Research 5(3): 38-53.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. Jornal of Science Food and Agriculture 82(4): 339-342.

Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62(1): 143-145.

Khorramdel, S., Koocheki, S., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application of biological fertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 2: 294-285. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., and Bolling, S. 2004. Applied environmental

stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. Physiology Plantarum 121: 182-186.

Kusaka, M., Lalusin, A.G., and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science 168: 1-14.

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Appllied Research 2: 773-779.

Letchamo, W., and Gasselin, A. 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus valgaris* are influenced by light intensity and water supply. Journal of Horticultural Science 71(1): 123-134.

Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J., and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. Angewandte Botanik 68: 83-88.

Leung, A.Y., and Foster, S. 1996. Encyclopedia of Common Natural Ingredients: Used in Food, Drugs and Cosmetics. A Wiley Interscience Publication- John Wiley and Sons, Inc.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Migahed, H.A., Ahmed, A.E., and Abd El-Ghany, B.F. 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolense* under Calcareous soil. Journal of Agricultural Sciences 12: 511-525.

Milborrow, B.V. 2001. Thepathway of biosynthesis of abscisic acid in *Vascular olants*: A review of the present state of knowledge of ABA biosynthesis. Journal of Experimental Botany 52: 1145-1164.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidatnt and stress tolerance. Annal Review of Plant Science 7: 405-415.

Mohanty, N. 2003. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of *Triticum aestivum* L. exposed to warmer growth conditions. Journal of Plant Physiology 160: 71-74.

Muni Ram, D., and Singh, S. 1995. Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot min on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. Agricultural Water Management 27: 45-54.

Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. *In vitro* studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394-403.

Nickavar, B., Mojab, F., and Dolat Abadi, R. 2005. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. Food Chemistry 90(4): 609-611.

Nogues, S., and Baker, N.R. 2000. Effect of drought on photosynthesis in Medetrarnean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Exprimental Botany 51: 1309-1317.

Omer, E.A. 1998. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in sandy soil. Egyptian Journal of Horticulture 25(3): 295-307.

Omer, E.A., Ouda, H.E., and Ahmad, S.S. 1994. Cultivation of sweet marjoram, *Majorana hortenses* in newly reclaimed lands of Egyptian Journal Herbs Spices Medicinal Plants 2(2): 9-16.

Omidbaygi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil *(Ocimum basilicum)* at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants 6: 104-108.

Omidbaygi, R., and Nobakht, A. 2001. Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. Pakistan Journal of Biological Science 4: 1345-1349.

Ozcan, M., and Chalchat, J.C. 2004. Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. Bule Journal of Plant Physiology 30(3-4): 68-73.

Pal, K.K., Tilak, V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., and Singh, C.S. 2001. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminaerum* caused by plant growth promoting *rhizobacteria*. Microbiological Research 156: 209-223.

Rademacher, W. 1994. Gibberellin formation in microorganisms. Plant Growth Regulation 15: 303-314.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. Motia by *rhizobecteria*, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Refaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.

Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M., and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of

sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3: 384-396. (In Persian with English Summary)

Rustaiyan, A., Masoudi, S., Monfared, A., Kamalinejad, M., Lajevardi, T., Sedaghat, S., and Yari, M. 2000. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran. Planta Medica 66: 197-198.

Sailo, G.L., and Bagyaraj, D.J. 2005. Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of *Coleus forskohlii*. Mycological Research 109: 795-798.

Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 184: 55-61.

Sangwan, N.S., Farooqi, A.H.A., Shabih, F., and Sangwan, R.S. 2001. Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation 34: 3-21.

Shabahang, J., Khorramdel, S., Siahmargue, A., Gheshm, R., and Jafari, L. 2014. Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology 6(2): 353-363. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India.

Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J., and Chrles, D.J. 1992. Water stress induced alternations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.

Solinas, V., and Deiana, S. 1996. Effect of water and nutritional conditions on the *Rosmarinus officinalis* L. phenolic fraction and essential oil yields. Italian Eppos 19: 189-198.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., Kuikkarni, R., and et al. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 22: 356-358.

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidant in the leaves of drought– sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyetylen glycol mediated water stress. Plant Science 168: 223-231.

Turtola, S., Manninen, A.M., Rikalaand, R., and Kainulainen, P. 2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in Scots pine and Norway spruce seedlings. Journal Chemistry Ecology 29: 1981-1955.

Vinutha, T. 2005. Biochemical Studies on *Ocimum* sp. Inoculated with Microbial Inoculants. MSc (Agriculture) thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Wang, W., Vinocur, B., and Altman, M.A. 2003. Plant responses to drought towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218: 1-14.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Xia, L., Yang, W., and Xiufengl, Y. 2007. Effects of water stress on berberine, jatrorrhizine and palmatine contents in amur corktree seedlings. Acta Ecologica Sinica 27(1): 58-64.

Young, C.C., Lai, W.A., Shen, F.T., Huang, W.S., and Arun, A.B. 2004. Characterization of multifunctional biofertilizer from Taiwan and biosafety considerations. International Symposium on Future Development of Agricultural Biotechnology Park p. 373-388.

Youssef, A.A., Edri, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299-311.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 254-266

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۶-۲۵۴

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.)

محبوبه سردار[۱]، محمدعلی بهدانی[۲*]، سید وحید اسلامی[۲] و سهراب محمودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۱٤

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر استفاده توأم روش‌های متفاوت خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز بر تنوع گونه‌ای و تراکم علف‌های‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان بشرویه در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ بـه اجـرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل روش خاک‌ورزی پنبـه بـه عنـوان فـاکتور اصـلی در سـه سـطح شـامل: خـاک‌ورزی مرسـوم (گـاوآهن برگـردان‌دار)، بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی (چیزل+ دیسک) و روش‌های کنترل علف‌های‌هرز در پنج سطح (علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم (با نام تجـارتی انووک با فرمولاسیون گرانول پخش‌شونده در آب ۷۵ درصد به مقدار ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار+ مویان) به میزان ده، ۱۵ و ۲۰ گرم در هکتـار بـه همراه سیتوگیت دو در هزار، به همراه تیمارهای وجین و عدم کنترل علف‌های‌هرز) به عنوان فاکتور فرعی در چهار تکرار انجام شد. صفات تراکم و تنـوع گونه‌های علف‌های‌هرز در سه زمان قبل از سمپاشی، ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی و عملکرد پنبه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر به سزایی در تراکم و ترکیب علف‌های‌هرز پنبه دارد. روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسـوم، بـه ترتیـب باعث افزایش ۱۴/۴۷ و ۲۲/۷۲ درصدی تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ شدند؛ در حالی‌که تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ ۴۸/۲۱ و ۶۵/۴۷ درصد کـاهش یافت. در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر علف‌های‌هرز چندساله به خصوص پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L.) غالب بود، امـا در روش خـاک‌ورزی مرسوم بیشتر علف‌های‌هرز یک‌ساله از قبیل ارزن وحشی (*Setaria* spp.)، سوروف (*Echinochloa crus gali* L.)، تاج خروس (*Amaranthus* sp.) و سلمک (*Chenopodium album* L.) غالبیت داشت. در روش کم‌خاک‌ورزی هم علف‌های‌هرز چندساله وجود داشت و هم علف‌های‌هرز یک-ساله. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز (باریک‌برگ و پهن‌برگ) در مزرعه پنبه، تحـت تـأثیر دز ۲۰ گـرم انـوک در هکتـار بـه همـراه سـیتوگیت در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد و خاک‌ورزی حفاظتی در رتبه بعدی قـرار گرفـت. بیشـترین عملکـرد پنبـه در تیمـار کـم‌خـاک‌ورزی بـه همـراه وجـین علف‌های‌هرز مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: انوک (تری فلوکسی سولفورون سدیم)، پراکنش علف‌هرز، خاک‌ورزی حفاظتی، گیاه لیفی

مقدمه

پنبـه (*Gossypium hirsutum* L.) بیشـترین رشـد خـود را در شرایط بدون تداخل علف‌هرز دارد و در ایـن شـرایط دارای عملکـرد و کیفیت قابل قبولی می‌باشـد (Wilcut, 1995). بـر اسـاس اطلاعـات موجود، حدود ۱۸۰ هزار تن وش و ۵۵-۶۰ هزار تن الیاف در ایران در سال ۱۳۹۳ از پنبه استخراج شده است. شـولر و گرنبـرگ (Showler & Greenberg, 2003) گزارش کردند که علف‌های‌هـرز موجـود در پنبه می‌توانند میزبان آفات باشند به طوری‌که علف‌های‌هرز در ابتـدای فصل رشد پنبه میزبان شته (*Aphis gossypi* G.) و در اواخـر فصـل رشـد میزبـان عسـلک پنبـه (*Bemisia tabaci* G.) مـی‌باشـند (Showler & Greenberg, 2003). از میان ده علف‌هرز مهم مزارع پنبه تقریبا دو سوم آن‌ها گونه‌های علف‌هرز پهـن‌بـرگ و یـک سـوم آن‌ها علف‌های چمنی یا جگـن‌هـا مـی‌باشـند (Leon et al., 2003). عملیات خاک‌ورزی بخشی از عملیات زراعی است که به منظور آماده-سازی خاک برای زراعت انجام می‌شـود. حـدود ۶۰ درصـد از انـرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی ماشینی، صـرف عملیـات خـاک-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناس ارشد زراعت و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

ورزی بستر می شود (Jacobs et al., 1983). خاک‌ورزی رایج سبب قطع و از بین رفتن اندام‌های زایا می‌شود و بسته به شخم ثانویه مورد استفاده برای تهیه بستر بذر ممکن است بخشی از اندام‌های زایا را به سطح خاک آورد تا در معرض خشکیدگی و درجه حرارت‌های پایین قرار گیرند (Rashed mohasel & Mosavii, 2005).

تغییر تراکم و ترکیب علف‌های‌هرز در سیستم‌های شخم حفاظتی به عوامل مختلفی از قبیل منطقه، نوع گیاه زراعی، خاک و مقدار بقایای گیاهی بستگی دارد. تحت خاک‌ورزی کاهش‌یافته، جمعیت گونه‌های علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ یک‌ساله یا جوانه‌زنی سطحی و زود هنگام در همان فصل زراعی افزایش می‌یابد، اما موجب افزایش جمعیت علف‌های‌هرز چندساله در سال‌های بعد می‌شود. این موضوع تا حدودی به دلیل تجمع بذور علف‌های‌هرز در سطح خاک یا لایه رویی آن است. شخم سبب توزیع کم و بیش یکنواخت بذور در نیم رخ خاک می‌شود. نظام شخم کاهش‌یافته موجب مزیت بخشی به چنین گونه‌هایی با جوانه سطحی در مقایسه با گونه‌های با جوانه‌زنی از اعماق بیشتر نظیر یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، گونه‌های نیلوفر پیچ (*Ipomoea tricolor* Cav.) و بسیاری دیگری از گونه‌ها می‌شود. معمولاً گونه‌هایی با جوانه‌زنی زود هنگام از نظام بدون شخم بهره‌گیری مناسبی می‌نمایند، زیرا برخی از آن‌ها پیش از کاشت گیاه زراعی جوانه می‌زنند و به این ترتیب در مقایسه با گونه‌های با جوانه‌زنی دیر هنگام مزیت رقابتی کسب می‌کنند. جهانی کندری و همکاران (Jahani Kondori et al., 2012) با بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز گزارش نمودند که بین محتوی کربن، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و اسیدیته خاک و شاخص شانون علف‌های‌هرز همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید؛ به طوری- که با افزایش میزان کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کاهش اسیدیته شاخص شانون افزایش یافت و همبستگی مثبت معنی‌داری بین میزان کربن و نیتروژن خاک با غنای گونه‌ای علف‌های هرز به دست آمد.

استفاده از مواد شیمیایی از ابزارهای مهم در کنترل علف‌های‌هرز در کشورهای پیشرفته محسوب می‌شود. علف‌کش‌ها پایه اصلی در مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز به حساب می‌آیند (Vencill et al., 1994). باید در نظر داشت که یک علف‌کش درصد معینی از علف‌های‌هرز را از بین می‌برد و بر اساس آزمایشات متعدد در ایران در بهترین شرایط بین ۸۰ تا ۹۰ درصد علف‌های‌هرز پنبه را می‌توان با علف‌کش از بین برد، لذا هر چه تراکم علف‌های‌هرز در یک مزرعه بیشتر باشد، تعداد بیشتری از آن زنده خواهند ماند. لذا باید همیشه مدنظر داشت که علف‌کش‌ها در زمین‌هایی مؤثرند که تراکم علف‌های‌هرز، با استفاده از سایر روش‌ها به حداقل کاهش یافته باشد (Musavii, 2009). تری فلوکسی سولفورون سدیم به عنوان علف‌کش با مقدار مصرف پایین و ابزاری کارآمد در مدیریت کاهش سموم معرفی شده است (Burke et al., 2004). مصرف این علف‌کش، بین مرحله دو تا هشت برگی پنبه توصیه شده اما در مرحله پنج تا هشت برگی بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌های‌هرز داشته است (Porterfield et al., 2002; Richardson et al., 2004; Richardson et al., 2007). اِنوُک در دزهای مختلفی قابل توصیه است. در ایران میزان قابل توصیه این علف‌کش ۱۵ تا ۲۰ گرم تری فلوکسی سولفورون سدیم ۷۵٪ WG به همراه سیتوگیت دو در هزار در یک هکتار در مرحله پنج تا هشت برگی پنبه می‌باشد.

بدین‌ترتیب، با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد مزایا و معایب خاک‌ورزی حفاظتی (کم و بی‌خاک‌ورزی) در منطقه بشرویه که پنبه جزو محصولات استراتژیک آن است، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز بر ظهور گونه‌های مختلف علف‌هرز، تراکم و پراکنش آن‌ها در شرایط آب و هوایی بشرویه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در شهرستان بشرویه واقع در خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. شهرستان بشرویه با عرض جغرافیایی ´۵۴°۳۳, شمالی و طول جغرافیایی ´۲۷°, ۵۷ شرقی و ارتفاع ۸۸۵ متر از سطح دریا قرار گرفته است. فاکتور اصلی، روش خاک‌ورزی در سه سطح شامل: خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار)، سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی (چیزل+ دیسک) و فاکتور فرعی، روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز در پنج سطح شامل: استفاده از علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم (با نام تجاری اِنوُک با فرمولاسیون گرانول پخش‌شونده در آب ۷۵ درصد به مقدار ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار+ مویان (دو در هزار سیتوگیت) به میزان ده، ۱۵ و ۲۰ گرم در هکتار، به همراه تیمارهای وجین و عدم کنترل علف‌های‌هرز بود. در زمین محل اجرای طرح در سال قبل

گندم (*Triticum aestivum* L.) کشت شده بود. میزان کود مورد نیاز بر اساس ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار و با توجه به مساحت زمین زیر کاشت، ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم بود. کود نیتروژن به صورت سرک در چهار مرحله (زمان کاشت، مراحل چهار تا شش برگی، شروع غنچه‌دهی و شروع گلدهی) و کود فسفاته همزمان با کاشت مصرف شد. عملیات آماده‌سازی زمین در روش خاک‌ورزی مرسوم پنبه، شامل: شخم با گاوآهن برگردان‌دار (در اواخر فروردین ماه)، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی بود و تمام بقایای محصول قبل با خاک مخلوط شد. در سیستم بی‌خاک‌ورزی، پس از برداشت گندم با کمباین، تمام بقایای گیاهی روی زمین رها شده بود و با استفاده از دستگاه کشت مخصوص بی‌خاک‌ورزی (بذر کار کودکار بدون خاک‌ورزی) فرآیند کاشت بذرها بلافاصله پس از برداشت گندم انجام گرفت. در سیستم کم‌خاک‌ورزی نیز با استفاده از گاوآهن‌های چیزل زمین شخم زده شد به طوری‌که ۳۰٪ از بقایای گندم سال قبل روی سطح خاک باقی مانده و بقیه با خاک مخلوط، سپس فرآیند کاشت با دستگاه ردیف کار انجام شد. طول کرت اصلی کاشت پنج متر و عرض آن ۲۴/۵ متر بود و کرت‌های فرعی با طول پنج متر و عرض ۴/۹ متر به صورت تصادفی در داخل کرت اصلی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی فرعی شامل ۱۴ ردیف کاشت و با فاصله ۳۵ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله بین کرت‌ها نیز یک ردیف کاشت در نظر گرفته شد. در تمام کشت‌های پنبه در این شهرستان، به دلیل دماهای بسیار بالای روزانه در طی فصل رشدی پنبه و با هدف کاهش تبخیر آب از خاک، فواصل بین ردیف‌ها در کشت پنبه ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. برای هر بلوک یک جوی آب و فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد. برای کاشت پنبه از رقم ورامین و به میزان ۳۰ کیلوگرم از بذر دلینته در هر هکتار استفاده شد. در هر سه سیستم خاک‌ورزی، بلافاصله بعد از کشت، آبیاری اولیه صورت پذیرفت و در ابتدای فصل رشدی بر اساس عرف این منطقه، آبیاری با فواصل هر هشت روز یک‌بار، با شروع مرحله گلدهی با فواصل هر چهار روز و از ابتدای مرحله غوزه‌دهی تا پایان برداشت با همان فواصل هر هشت روز یک‌بار انجام گرفت. در مرحله دو تا چهار برگی عملیات تنک صورت گرفت. با توجه به تراکم و سرعت رشد بالای علف‌های‌هرز مزرعه در مقایسه با بوته‌های پنبه، با رسیدن پنبه‌ها به مرحله پنج و شش برگی، سمپاشی کرت‌های آزمایشی با غلظت‌های مشخص شده علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم انجام پذیرفت. در طول فصل رشد مبارزه علیه آفات شته (*Aphis gossypi*)، تریپس (*Thrips flavus*)، عسلک (*Bemisia tabaci*) و سنک پنبه (*Oxycarenus hylipennis*) با آفت‌کش‌های مناسب (متاسیستوکس و لاروین) انجام شد. با توجه به تراکم و سرعت رشد بالای علف‌های‌هرز مزرعه در مقایسه با بوته‌های پنبه، با رسیدن پنبه‌ها به مرحله پنج و شش برگی، سمپاشی کرت‌های آزمایشی با غلظت‌های مشخص شده علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم توسط سمپاش کتابی پشتی تلمبه از بغل و نازل تی-جت با فشار دو بار و حجم پاشش ۴۰۰ لیتر آب در هکتار انجام گرفت. شناسایی علف‌های‌هرز غالب در هر کرت و محاسبه تراکم آن‌ها در سه زمان ذکر شده و در سه نوبت با استفاده از نمونه‌گیری حاصل از دو کادر ثابت ۵۰×۵۰ سانتی‌متری در بین دو پشته در هر کرت در قبل از سمپاشی (مرحله چهار و پنج برگی پنبه) و ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی انجام گرفت. عملکرد وش در هکتار نیز با نمونه‌گیری سطحی به مساحت ۲/۵ مترمربع (۲۰ بوته) از محصول و دو خط وسط با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه، در زمان برداشت محصول صورت گرفت. تجزیه آماری با استفاده از برنامه SAS 9.1 ویرایش هشت و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

علف‌های‌هرز موجود در مزرعه ترکیبی از علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ، شامل سلمک[1]، خارشتر[2]، تلخه بیان[3]، تاج خروس[4]، سوروف[5]، ارزن وحشی[6] و پنجه مرغی[7] بودند (جدول ۱).

درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، تراکم اولیه علف‌های‌هرز باریک‌برگ (سوروف، ارزن وحشی و پنجه مرغی) در شرایط بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود.

1- *Chenopodium album* L.
2- *Alhagi alhagi* Fisch.
3- *Acroptilon repens* D.C.
4- *Amaranthus* sp.
5- *Echinochloa crus gali* L.
6- *Setaria* spp.
7- *Cynodon dactylon* L. Pcrs.

جدول ۱- خصوصیات علف‌های‌هرز موجود در مزرعه

Table 1- Characteristics of weed species existing in the field

نام علف هرز Weed name	خانواده Family	سیکل رویشی Vegetative cycle	فرم رویشی Vegetative form
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	Poaceae	چندساله Perennial	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
ارزن وحشی *Setaria* spp.	Poaceae	یک‌ساله Annual	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	Poaceae	یک‌ساله Annual	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
سلمک *Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae	یک‌ساله Annual	پهن‌برگ Broad-leaf weed
تلخه بیان *Acroptilon repens* D.C.	Compositae	چندساله Perennial	پهن‌برگ Broad-leaf weed
خارشتر *Alhagi alhagi* Fisch.	Leguminosae	چندساله Perennial	پهن‌برگ Broad-leaf weed
تاج خروس *Amaranthus* sp.	Amaranthaceae	یک‌ساله Annual	پهن‌برگ Broad-leaf weed

درصد تغییرات تراکم اولیه علف‌های‌هرز باریک‌برگ در کم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم ۱۴/۴۷ درصد افزایش و در شرایط بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم ۲۲/۷۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم-خاک‌ورزی، بذور علف‌های‌هرز در زیر کاه و کلش قرار می‌گیرند، شرایط برای جوانه‌زنی و رشد این علف‌های‌هرز فراهم می‌شود. تکثیر گیاهان یک‌ساله ارزن وحشی و سوروف از طریق بذر صورت می‌گیرد و دارای بذور درشت‌تری نیز هستند، و برای جوانه‌زنی نیاز به نور ندارند به همین دلیل تراکم آن‌ها در خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. علاوه بر آن برگ‌های گیاهان باریک‌برگ بر خلاف پهن‌برگ‌ها به راحتی از میان کاه و کلش بر جای مانده بر روی زمین در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی خارج می‌شوند. جمعیت علف‌های‌هرز یک‌ساله تک‌لپه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم افزایش داشت و دلیل آن احتمالاً مربوط به عدم نیاز بذور این علف‌های‌هرز به نور برای جوانه‌زنی می‌باشد. پنجه مرغی علاوه بر این‌که گیاهی باریک‌برگ بوده و همان‌طور که در بالا گفته شد، سبز شدن آن از بین کاه و کلش در سیستم‌های حفاظتی در مقایسه با پهن‌برگ‌ها با مشکل کمتری رو به رو است (Vencill et al., 1994)، علف‌هرزی چندساله است که معمولاً در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی فرصت بیشتری برای گسترش سیستم ریزوم و اندام‌های زیرزمینی پیدا کرده و گسترش بیشتری می‌یابد. لذا به دلایل فوق‌الذکر افزایش تراکم آن در سیستم‌های حفاظتی طبیعی به نظر می‌رسد. افزایش رطوبت خاک، شرایط را برای جوانه‌زنی بذور برخی از علف‌های‌هرز فراهم می‌کند، گونه‌هایی از علف‌هرز متحمل به نور کم و رطوبت شدید در این شرایط به خوبی رشد می‌کنند. سوروف از جمله علف‌های‌هرز یک‌ساله چهارکربنه رطوبت دوست می‌باشد به همین دلیل در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) با توجه به حفظ رطوبت زمین توسط بقایای گیاهی محصول قبل، امکان رشد این علف‌هرز بیشتر است. نیز گزارش کردند که تراکم گراس‌های یک‌ساله رطوبت دوست در روش بدون خاک‌ورزی بیش از شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (خاک‌ورزی مرسوم) بود.

مقایسه میانگین روش‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که درصد کاهش تراکم باریک برگ‌ها ۱۵ روز پس از سمپاشی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۲۹/۳۱، ۹/۰۵۵ و ۷/۵۷ درصد و در ۳۰ روز پس از سمپاشی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۳۰/۶۳، ۱۹/۰۵۵ و ۱۹/۶ درصد بود (شکل ۱).

جدول۲- تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ (بوته در مترمربع) به تفکیک گونه در زمان‌های مختلف

Table 2- Narrow-leaf weed density (plants.m^{-2}) at different times separated by species

نام علف‌هرز Weed name	بی‌خاک‌ورزی No tillage			کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage			خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage		
	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	2.4^{a}	3.1^{a}	2.26^{a}	2.0^{a}	0.2^{a}	1.7^{b}	1.4^{b}	1.75^{a}	1.95^{a}
ارزن وحشی *Setaria* spp.	6.05^{a}	5.7 ^{a}	4.86^{a}	5^{a}	4.9^{a}	3.92^{a}	4.5^{a}	2.35^{a}	2.32^{a}
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	6.95^{a}	5.4^{a}	4.9^{a}	6.75^{a}	5.85^{a}	4.95^{a}	6.0^{a}	4.07^{a}	3.77^{a}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

این نتایج نشان می‌دهد کارآیی علف‌کش انوک در خاک‌ورزی مرسوم بیش از روش‌های حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) بوده است. دلیل این امر احتمالاً به علت جذب بخشی از علف‌کش توسط کاه و کلش در سیستم‌های حفاظتی و جلوگیری از تماس بخشی از علف‌های‌هرز با علف‌کش در این سیستم‌ها می‌باشد. نتایج تحقیقات (Madandoos et al., 2009) نشان داد اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مجموع تعداد علف‌های‌هرز معنی‌دار بود و بیشترین تعداد علف‌هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری (اولیه و ۳۰ روز پس از سمپاشی) متعلق به تیمار بدون خاک‌ورزی بود و تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در گروه‌های بعدی آماری قرار گرفتند. عموماً در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی که بقایای فصل قبل بر روی زمین باقی می‌مانند، بخش زیادی از علف‌کش مصرفی جذب بقایا گشته و علف‌های‌هرزی که در لابه‌لای بقایا سبز شده‌اند گاهاً از در معرض علف‌کش قرار گرفتن مصون می‌مانند (Chauhan & Abugho, 2012). در مقابل، از آن‌جایی که در روش خاک‌ورزی مرسوم، سطح خاک عاری از بقایای گیاهان فصل گذشته است، علف‌های‌هرز قابلیت فرار از علف‌کش را نداشته و بیشتر در معرض تماس مستقیم با علف‌کش قرار می‌گیرند، این امر موجب جذب بیشتر علف‌کش در علف‌های هرز در مقایسه با سیستم‌های کشاورزی حفاظتی می‌شود که به نوبه خود موجب کاهش بیشتر تراکم علف‌های‌هرز در خاک‌ورزی مرسوم می‌گردد. اما با این وجود، حضور بقایای گیاهی در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی شرایط مناسب‌تری از نظر حاصلخیزی، رطوبت و میزان مواد آلی خاک برای پنبه فراهم می‌آورند که می‌تواند موجب افزایش عملکرد وش نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شود. در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) پسماندهای گیاهان زراعی و پوشش حاصل از کاشت گیاه قبلی بر روی سطح خاک وجود دارند که می‌توانند اثرات معنی‌داری بر رفتار و فعالیت علف‌کش‌ها داشته باشند (Tesdale et al., 2003). مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف علف‌کش، اختلاف معنی‌دار بین سطوح این فاکتور را بر تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ تأیید کرد (جدول۲). بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز مرغ و ارزن وحشی بعد از ۳۰ روز از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه در تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار به ترتیب ۵۴/۸۰ و ۷۴/۶۹ درصد مشاهده شد. بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز باریک‌برگ سوروف نیز تحت تأثیر غلظت ۲۰ گرم انوک در هکتار (۶۲/۲۸ درصد) و کمترین آن تحت تأثیر غلظت ده گرم انوک در هکتار (۷/۹۲ درصد) به دست آمد (جدول ۳). علف‌کش انوک به همراه سیتوگیت، روی علف‌هرز ارزن وحشی بیشترین تأثیر را داشت و باعث کنترل بهتر این گونه از علف‌های‌هرز باریک‌برگ شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ (بوته در مترمربع) به تفکیک گونه در روش‌های مختلف کنترل

Table 3- Mean comparisons of narrow-leaf weed density (plants.m^{-2}) at different types of control methods separated by species

نام علف‌هرز Weed name		عدم کنترل No control	وجین Weeding	۲۰ گرم انوک در هکتار 20 g.ha^{-1} Envoke	۱۵ گرم انوک در هکتار 15 g.ha^{-1} Envoke	۱۰ گرم انوک درهکتار 10 g.ha^{-1} Envoke
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	اولیه Primary	2.06^{ab}	1.19^{b}	1.04^{a}	2.05^{a}	1.01^{b}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.01^{a}	0.01^{b}	0.66^{ab}	1.38^{a}	1.0^{a}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	2.95^{a}	0.0^{b}	0.47^{a}	1.01^{a}	0.61^{a}
ارزن وحشی *Setaria* spp.	اولیه Primary	4.35^{a}	1.85^{b}	4.15^{a}	3.0^{a}	2.13^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	5.02^{a}	0.06^{b}	2.1^{a}	2.36^{a}	2.11^{a}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	6.32^{a}	0.04^{c}	1.05^{b}	1.94^{a}	1.0^{b}
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	اولیه Primary	5.78^{a}	1.86^{c}	5.32^{a}	4.69^{bc}	5.05^{bc}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	6.06^{a}	0.01^{c}	3.0^{b}	3.63^{b}	5.0^{b}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	6.67^{a}	0.0^{d}	2.01^{c}	2.46^{bc}	4.65^{b}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

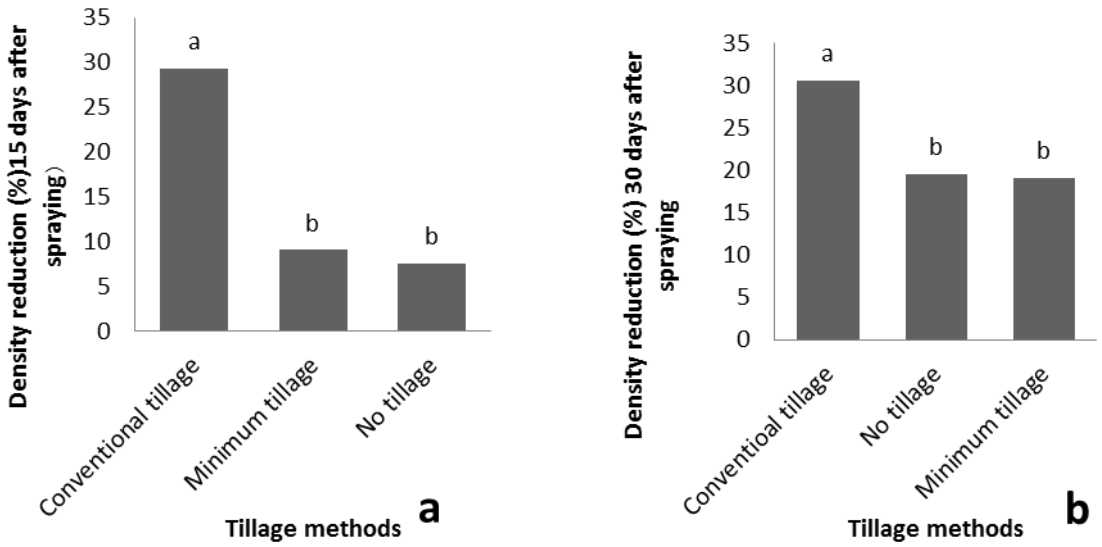
مطابق شکل ۲، تیمار وجین در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی، بیشترین تأثیر را در کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ به ترتیب ۹۳/۱ و ۹۱/۶ درصد نشان داد (جدول ۲ و شکل ۲).

نتایج سایر محققین نیز بیانگر توانایی علف‌کش انوک برای کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ مخصوصاً اویارسلام (*Cyperus escuentus* L.) و برخی از پهن‌برگ‌ها می‌باشد. در شاهد بدون کنترل علف‌هرز، علف‌های‌هرز بر بوته‌های پنبه غالبیت پیدا کردند و در نتیجه در این تیمارها تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ بالا بوده و به تبع آن موجب کاهش عملکرد پنبه شدند و در تیمارهای دارای علف‌کش انوک (دز ۱۵ و ۲۰ گرم انوک در هکتار) تراکم و درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ بعد از سم پاشی نسبت به قبل از آن کم‌تر بود، چون این علف‌کش خاصیت سیستمیک داشته و علاوه بر آن ماده افزودنی سیتوگیت تأثیر آن را افزایش داد (جدول ۲ و شکل ۲).

درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ

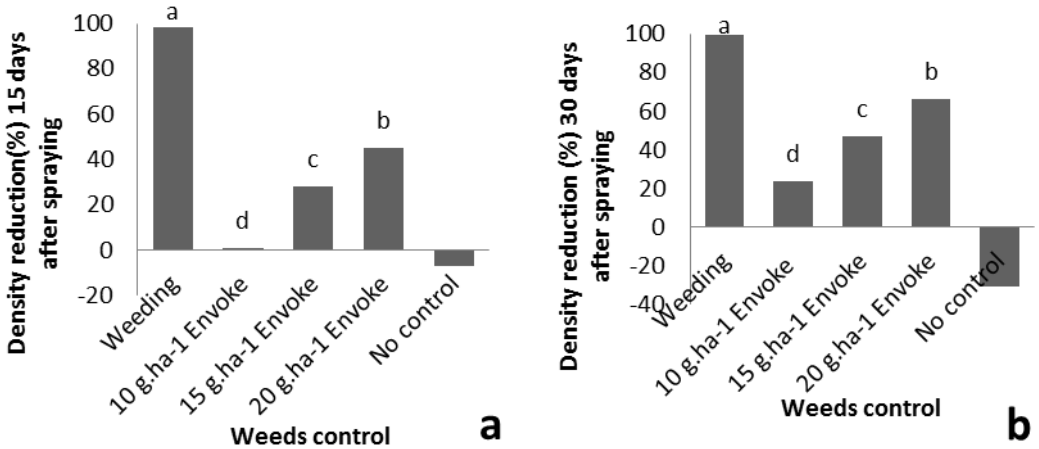
همان‌طور که در جدول۴ ملاحظه می‌شود تراکم اولیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ گونه‌های سلمک، تلخه بیان (*Acroptilon repens* L.)، تاج خروس و خارشتر در روش بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. درصد تغییرات تراکم اولیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ در بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم،

۶۵/۴۷ درصد کاهش و در شرایط کم‌خاک‌ورزی ۴۷/۲۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).



شکل۱- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 1- Effect of different tillage methods on narrow-leaf weed density at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)



شکل ۲- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی(ب)

Fig. 2- The effect of different methods of weed control on narrow-leaf weed density reduction at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

عمق دفن بذور و مقدار بقایای گیاهی موجود در سطح خاک از جمله عوامل مؤثر در تسریع خروج جوانه‌ها از خاک، مخصوصاً در علف‌های‌هرز پهن‌برگ می‌باشد. با توجه به این‌که این گونه از علف‌های‌هرز (برگ‌پهن‌ها) دارای بذور ریزی بوده و برای جوانه‌زنی نیازمند نور هستند، در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی حضور کاه و کلش حاصل بقایای محصول قبلی مانع از رسیدن نور به این بذور می‌شوند و جوانه‌زنی آن‌ها کاهش می‌یابد. از آن‌جا که در روش کم-خاک‌ورزی حدود ۳۰ درصد از بقایای گیاهی در سطح خاک باقی می‌مانند و نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی، ۷۰ درصد از کاه و کلش با خاک مخلوط شدند، بنابراین، بذور علف‌های‌هرز بیشتر در معرض نور قرار می‌گیرند و جوانه‌زنی آن‌ها نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی نیز بیشتر است (Swanton et al., 2000). نیز گزارش کردند که تراکم

بذور علف‌هرز تاج خروس و سلمک در بانک بذر خاک در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی مرسوم بیشتراز خاک‌ورزی حفاظتی تخمین زده شد. (Williams Froud et al., 1988) علت کاهش جمعیت علف‌های‌هرز پهن‌برگ دولپه را در سامانه بی‌خاک‌ورزی و کم-خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، عدم انجام شخم کامل و حضور کاه و کلش گزارش کردند. علف‌های‌هرز پهن‌برگ با توجه به شکل برگ‌شان در خروج از زیر کاه و کلش با مشکلات بیشتری نسبت به باریک‌برگ‌ها مواجه بوده و لذا در سیستم‌های حفاظتی تراکم کمتری خواهند داشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ (مترمربع) به تفکیک گونه‌ها

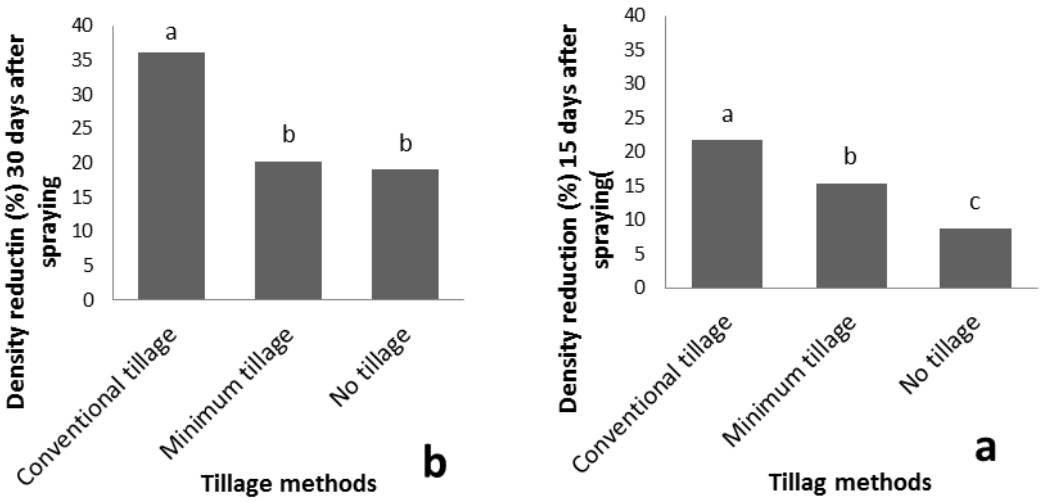
Table 4- Mean comparisons of broadleaf weeds density (square meters) separated by species

	بی خاک‌ورزی No tillage			کم خاک‌ورزی Minimum tillage			خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage		
نام علف‌هرز Weed name	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying
سلمک *Chenopodium album* L.	1.95[b]	1.75[b]	1.5[b]	4.02[a]	4[a]	3.7[a]	5.1[a]	4.55[a]	4[a]
تلخه بیان *Acroptilon repens* D.C.	1.35[a]	1.55[a]	1.5[a]	2.3[a]	1.75[a]	1.55[a]	2.75[a]	2.35[a]	2.25[a]
خارشتر *Alhagi alhagi* Fisch.	1.5[b]	1.4[b]	1.4[b]	0.65[b]	0.55[b]	0.55[b]	6.35[a]	4.4[a]	2.4[a]
تاج خروس *Amaranthus* sp.	1.5[a]	1.05[a]	0.7[a]	2.3[a]	1.55[a]	1.6[a]	4.05[a]	3.00[a]	2.99[a]

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

تفاوت در فلور علف‌های‌هرز موجود در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی را تأیید کردند و بیان داشتند علف‌هرز سلمه تره، تاج خروس و پیچک (*Convolvulus sepium* L.) در خاک‌ورزی مرسوم نسبت به بی‌خاک‌ورزی و علف‌های‌هرز باریک‌برگ در روش بدون خاک‌ورزی بیشتر مشاهده شد. بیشترین درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد، با وجود این‌که تراکم اولیه این علف‌های‌هرزدر خاکورزی مرسوم بیشتر از کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بود (جدول۳)، اما کاهش تراکم آن‌ها در کشت مرسوم بیشتر بود (شکل ۳). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2009) نیز در بررسی تأثیر روش‌های مدیریتی مختلف بر تراکم، ترکیب و تنوع علف‌های‌هرز مزرعه ذرت دریافتند که کمترین تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز در سیستم شخم مرسوم به دست آمد. آن‌ها دلیل این امر را دفن علف‌های‌هرز و نابودی مریستم‌های حساس آن‌ها توسط شخم سنگین دانستند. البته در مطالعه این محققین، بخش عمده ترکیب علف‌های‌هرز متعلق به گونه‌های پهن‌برگ بود و لذا کنترل عمومی علف‌های‌هرز در سیستم خاک‌ورزی مرسوم در مقایسه با سیستم‌های حفاظتی بیشتر برآورد شد.



شکل۳- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ در ۱۵روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 3- Effect of different tillage methods on weed density in a broadleaf leaves at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ به تفکیک گونه تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز در جدول ۴ مشاهده می‌شود. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز سلمک، تلخه بیان و خارشتر (*Alhagi alhagi* Fisch.) ۳۰ روز بعد از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه، در تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت به ترتیب ۳۸/۱۸، ۳۸/۱ و ۷۵/۹۶ درصد مشاهده شد و تیمار وجین بر خلاف تصور در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۴). غلظت‌های پایین علف‌کش انوک (ده و ۱۵ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت) باعث کنترل نسبتاً مطلوب علف‌هرز سلمک شد، اما برای کنترل علف‌هرز تلخه بیان مناسب نبود. غلظت ده گرم انوک به هیچ عنوان روی علف‌هرز پهن‌برگ خارشتر تأثیر نگذاشت (جدول ۴). یکی از دلایل عدم تأثیر غلظت پایین علف‌کش انوک روی خارشتر، زمان سمپاشی بود، چون زمانی که شرایط گیاه پنبه برای استفاده از علف‌کش فراهم شد، علف‌هرز خارشتر بسیار رشد کرده و از دوره بحرانی کنترل علف‌هرز خارج شده بود. رشد زودتر علف‌هرز نسبت به محصول بهاره، توانایی علف‌هرز را برای رقابت با گیاه زراعی افزایش می‌دهد، اگر علف‌هرز در زمان مناسب کنترل نشوند، استفاده از دزهای پایین علف‌کش، تأثیر مطلوبی در کنترل علف‌هرز ندارد (Karlen et al., 1994). کاربرد با تأخیر علف‌کش موجب کاهش اثربخشی آن روی علف‌هرز می‌شود و علف‌کش‌های پس رویشی غیر مداوم در صورتی‌که در زمان مناسب استفاده نشوند نمی‌توانند اثر کافی در کنترل گیاهچه‌های علف‌هرز رشد یافته داشته باشند (Franke et al., 2001). بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز تاج خروس به ترتیب، در تیمار وجین (۸۹/۲۷ درصد) و ۲۰ گرم انوک در هکتار (۵۱/۵۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به سایر مطالعه به نظر می‌رسد که حساسیت گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز پهن‌برگ، به کنترل آن‌ها با وجین دستی بسیار متنوع است، به طوری‌که گندمک (*Sorghum halepense* L. pers.) و سلمک در مراحل اولیه رشد به ترتیب ۴۲ و ۱۰۰ درصد به وسیله وجین دستی کنترل شدند.

مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ نشان داد که تیمار وجین بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌هرز پهن‌برگ در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی داشت. وجین دستی علف‌های‌هرز باعث حذف رقابت بین علف‌های‌هرز و پنبه در مراحل حساس رشدی پنبه شد و تراکم علف‌های‌هرز را در مراحل بعدی کاهش داد. بین سطوح مختلف غلظت علف‌کش، تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار، با ۳۷/۶۹ درصد بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌های‌هرز بعد از گذشت ۳۰ روز از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه علف‌های‌هرز نشان داد. کاربرد غلظت‌های بالاتر علف‌کش موجب کنترل مطلوب‌تر علف‌های‌هرز شده و تراکم آن‌ها را کاهش داد.

جدول۵- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ (در مترمربع) به تفکیک گونه تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز

Table 5- Mean comparisons of broad-leaf weed density (plants.m^{-2}) under different types of weed control methods separated by species

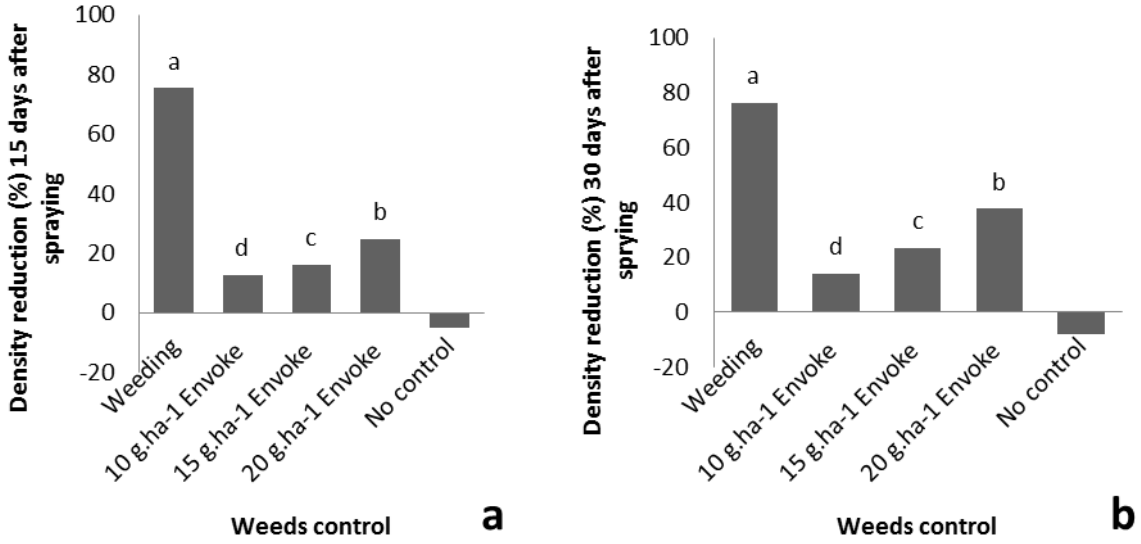
گونه علف‌هرز Weed species		۱۰ گرم در هکتار انوک 10 g.ha^{-1} Envoke	۱۵ گرم در هکتار انوک 15 g.ha^{-1} Envoke	۲۰ گرم در هکتار انوک 20 g.ha^{-1} Envoke	وجین Weeding	عدم کنترل No control
سلمک *Chenopodium album* L.	اولیه Primary	4.1^{ab}	3.33^{a}	5.16^{a}	2.66^{b}	5.33^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	4.4^{b}	2.83^{ab}	4.83^{ab}	0.583^{c}	5.66^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	3^{b}	2.33^{bc}	3.91a^{b}	0.5^{c}	5.66^{a}
تلخه بیان *Acroptilon repens* L.	اولیه Primary	2^{a}	1.83^{a}	2.33^{a}	1.58^{b}	2.91^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	1.1^{ab}	1.66^{ab}	2.08^{a}	0.66^{c}	3.8^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	1.83^{b}	1.66^{ab}	1.91^{ab}	0.16^{c}	3.25^{a}
خارشتر *Alhagi alhagi*	اولیه Primary	3.08^{a}	3.3^{ab}	2.08^{bc}	5.1^{c}	4.16^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.83^{b}	2.75^{a}	0.66^{c}	0^{c}	4.33^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	3.08^{a}	2.61^{a}	0.5^{c}	1^{c}	3.5^{a}
تاج خروس *Amaranthus* sp.	اولیه Primary	2.75^{ab}	2.83^{ab}	2.58^{ab}	2.33^{a}	4.25^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.083^{b}	2.25^{b}	1.58^{b}	0.75^{c}	4.75^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	2.33^{b}	2.08^{b}	1.25^{bc}	0.25^{c}	5.85^{a}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

عملکرد پنبه

در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر عملکرد وش، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین عملکرد مربوط به کم‌خاک‌ورزی (۷۵۵۱/۰۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن، مربوط به خاک‌ورزی مرسوم (۵۷۹۲/۱ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶). کم بودن تراکم علف‌های‌هرز در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در طی فصل رشد، کاهش رقابت و افزایش فضای مورد نیاز برای رشد گیاه زراعی پنبه، عواملی بودند که در افزایش عملکرد دو سیستم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم مؤثر واقع شدند. رایت و همکاران (Wright et al., 2007) بیان داشتند که علت افزایش عملکرد پنبه در سیستم های کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، رقابت کمتر علف‌های‌هرز با پنبه و قابلیت دسترسی بیشتر به فسفر و نیترات در سطح خاک می‌باشد (Wright et al., 2007).



شکل ٤- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 4- The effect of different methods of weed control on broad leaves weed density at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد پنبه تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کنترل علف‌هرز

Table 6- Mean comparisons of cotton yield under different cultivation and weed control Methods

روش خاک‌ورزی Soil cultivation methods	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	5792.1^{c}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	7170.3^{b}
کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage	7551.09^{a}
LSD (0.05)	101.96
۱۰ گرم انوک 10 g.ha^{-1} Envoke	6051.8^{d}
۱۵ گرم انوک 15 g.ha^{-1} Envoke	6982.5^{c}
۲۰ گرم انوک 20 g.ha^{-1} Envoke	7101.12^{b}
وجین Weeding	7504.98^{a}
عدم کنترل No control	5968.75^{e}
LSD (0.05)	97.57

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

اثر کنترل علف‌هرز بر عملکرد پنبه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد، مربوط به تیمار وجین (۷۵۰۴/۹۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد در تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز (۵۹۶۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۶). کاهش تراکم

علف‌های‌هرز در تیمار وجین دستی، باعث کاهش رقابت بر سر آب و مواد غذایی بین علف‌هرز و گیاه پنبه شد. مطابق جدول‌های ۳ و ۵ بیشترین تراکم علف‌های‌هرز (باریک و پهن برگ) در طی فصل رشد مربوط به تیمار عدم کنترل علف‌هرز بود و تیمار عدم کنترل در مقایسه با تیمار وجین، ۲۵/۷۳ درصد کاهش عملکرد داشت. دلیل کاهش عملکرد در حضور علف‌های‌هرز مؤید آن است که با ورود علف‌های‌هرز به دلیل سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع ناشی از رقابت و به تبع آن رشد رویشی بیشتر، مواد فتوسنتزی به بخش رویشی هدایت شده، سهم بخش زایشی در چنین شرایطی کاهش خواهد یافت (Zand et al., 2007). عملکرد در دز ۲۰ گرم در هکتار انوک نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز، ۱۵/۹۴درصد افزایش داشت که این افزایش عملکرد را می‌توان به ۵۰/۴۲ درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز با استفاده از ۲۰ گرم انوک در هکتار مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌ورزی حفاظتی (کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، به ترتیب باعث افزایش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ و کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ شد. در روش بدون خاک‌ورزی علف‌های‌هرز چندساله، در روش کم‌خاک‌ورزی هم علف‌های‌هرز چندساله و هم علف‌های‌هرز یک‌ساله و در نهایت در خاک‌ورزی مرسوم بیشتر علف‌های‌هرز یک‌ساله مشاهده شد. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز (باریک و پهن‌برگ) در مزرعه پنبه، تحت تأثیر دز ۲۰ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد و خاک‌ورزی حفاظتی در رتبه بعدی قرار گرفت. بیشترین عملکرد پنبه در تیمار کم‌خاک‌ورزی به همراه وجین علف‌های‌هرز مشاهده شد و روش بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

منابع

Burke, I.C., and Wilcut, J.W. 2004. Weed management in cotton with CGA 362622, Fluometuron, and Pyrithiobac. Weed Technology 18: 268-276.

Chauhan, B.S., and Abugho, S.B. 2012. Interaction of rice residue and PRE herbicides on emergence and biomass of four weed species. Weed Technology 26: 627-632.

Franke, A.C., McRoberts, N., Marshall, G., Malik, R.K., Singh, S., and Nehra, A.S. 2001. The contribution of zero tillage for the management of *Phalaris minor* in the Indian rice- wheat system. British Crop Protection Conference Weeds 2: 901-906.

Froud-Williams, R.J. 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In: Altieri, M.A., Liebman, M. Editors. Weed management in agroecosystems. Ecological Approaches. Boca Raton, FL: CRC p. 36-213.

Jacobs, C.O., and Harrel, W.R. 1983. Agricultural power and machinery. Mc Grow Hill Book Companies. New York.

Jahani-Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. The effects of soil chemical characteristics on weed species diversity in eastern Mashhad region wheat (*Triticum aestivum* L.) fields. Journal of Agroecology 4(2): 91-103. (In Persian with English Summary)

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., and Cruse, R.M. 1994. Crop rotations for the 21st century. Advances in Agronomy 53: 1-45.

Khorramdel, S., Koochaki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different input management on weed composition, diversity and density of corn field. Journal of Agroecology 1: 1-10. (In Persian with English Summary)

Leon Chris, T., Shaw David, R., Bruce Lori, M., and Watson, D. 2003. Effect of purple (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*Cyprus esculentus*) on growth and reflectance characteristics of cotton and soybean. Weed Science 51: 557- 564.

Liebman, M., Drummond, F., Corson, A., and Zhang, J. 1996. Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems. Agronomy Journal 88: 18-26.

Madandost, M., Froharina, D., and Inaloyii, B. 2009. Conservation tillage and drip irrigation effects on water use and yield of maize in the city of Fasa. In: National Conference on Water Deficit and Drought Stress in Agronomy, Arsanjan,

Iran, 23-24 February p. 1-12. (In Persian with English Summary)

Musavi, M. 2009. The Principles and Methods of Weed Control. Marzdanesh Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

Porterfield, D., Wicut, J.W., Clewis, S.B., and Edmisten, K.L. 2002. Weed free yield response of seven cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars to CGA_{362622} post emergence. Weed Technology 16: 180-183.

Rashedmohasel, M.H., and Kuchaki, A. 2007. Principles and Operations of Dryland Farming. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Richardson, R.J., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2007. Pre emergence herbicides followed by Trifluxysulfuron post mergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.

Richardson, R.J., Wilson, H.P., Armel, G.R., and Hines, T.E. 2004. Influence of Adjuvants (surfactant) on cotton (*Gossypium hirsutum*) response to post emergence applications of CGA_{362622}. Weed Technology 18: 9-15.

Showler, A.T., and Greenberg, M.S. 2003. Effect of weed on selected arthropod herbivore and natural enemy population and yield. Environmental Entomology 32: 39-50.

Swanton, C.J., Shrestha, A., Knezevic, S.Z., Roy, R.C., and Ball-Coelho, B.R. 2000. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. Weed Research 12: 76-87.

Tesdale, J.R., Beste, C.E., and Potts, W.E. 2003. Response of weeds to tillage and cover crops residue. Weed Science 39: 195-199.

Vencill, W.K., and Banks, P.A. 1994. Effects of tillage systems and weed management on weed population in grain sorghum. Weed Science 42: 541-547.

Wilcut, J.W., York, A.C., and Jordan, D.L. 1995. Weed management systems from oil seed crops. In: A.E. Smith, ed. Handbook of Weed Management Systems. New York: Marcel Bokker.

Wright, A.L., Hons, F.M., Lemon, R.G., McFarland, M.L., and Nichols, R.L. 2007. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. Soil and Tillage Research 96: 19-27.

Zand, A., Musavi, K., and Heydari, A. 2007. Herbicides and Their Application Methods. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 267

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۷

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils

S. Homayoun[1], A. Lakzian[2*], G.H. Haghnia[3] and R. Khorassani[4]

Submitted: 22-12-2010
Accepted: 07-04-2012

Keywords: Bacterial inoculation, K/Na ratio, Salt tolerance

Introduction

Soil salinity is one of the major agricultural problems and it is limiting crop productivity in many parts of the cultivated areas all over the world. Saline soils are differentiated by the presence of great ratios of Na/Ca, Na/K, Ca^{2+}, Mg^{2+}, and Cl/NO_3 (Gratan & Catherine, 1993) and high levels of neutral salts in the surface layers, which are resulting from the capillary action (Al-Falih, 2002). Osmotic stress occurs when soluble salts increase in the soils and then results in specific ion toxicity (Agarwal & Ahmad, 2010). Therefore, one of the most important side effects of salinity is nutritional disorders. High concentration of NaCl in the root medium usually reduces nutrients uptake and affects the transportation of potassium and calcium ions in plant. (Gratan & Catherine, 1993) reported that the salinity of soils changes ionic strength of the substrate and it can influence mineral nutrient uptake and translocation. Salinity also changes the mineral nutrient availability and disrupts the mineral relations of plants. Hence, the main purpose of this research is to evaluate the effects of rhizobial bacteria inoculation on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils.

Material and methods

Soil sample was collected from Astan Ghodse Razavi farm, Mashhad Iran, and then was dried and passed through a 12-mesh (approximately 2 mm) screen. Soil sample was divided into three parts and then was placed into three containers. Each container was watered by a different proportion of saline water (EC= 10 $dS.m^{-1}$). Salinity of soils was regularly monitored until three salinities (2, 6 and 10 $dS.m^{-1}$) came out. Then, a completely randomized design with a factorial arrangement was carried out in a greenhouse condition. The experimental factors included four levels of inoculation (*Sinorhizobium meliloti*, *Bradyrhizobium japonicum* and *Rhizobium leguminosarum* and control) and three levels of soil salinity (2, 6 and 10 $dS.m^{-1}$) with three replications. Wheat seeds were sterilized in 5% sodium hypochlorite for 2-3 minutes and were washed several times and then were germinated and seedlings were inoculated with bacterial strains. Inoculated wheat seedlings were grown in 1 kg pots. Wheat seedling was watered with sterilized water for one month and was harvested for chemical analysis. Potassium and sodium concentrations in plant tissues were determined by flame photometer and calcium concentration was measured by using Atomic absorption spectroscopy (AAS).

Results and discussion

The results showed that the root and shoot dried weight, K and Ca concentrations and K/Na ratio in wheat shoot were significantly decreased with increasing soil salinity. The lowest shoot and root dry weight were observed in high level of salinity (10 $dS.m^{-1}$). Inoculation of wheat seedlings with rhizobial bacteria had a positive effect on shoot and root dry weight. The highest shoot and root dry weight were obtained when wheat seedlings were inoculated with *Sinorhizobium meliloti* in non-saline soil treatment (2 $dS.m^{-1}$). Calcium concentration increased significantly in all levels of salinity when wheat seedlings were inoculated with *Rhizobium leguminosarum*. Among all tested strains, *Rhizobium leguminosarum* had a prominent effect on growth of wheat seedlings. With increasing soil salinity, the concentration of sodium increased in shoot and root tissues and K/Na ratio declined dramatically. The lowest K/Na ratio was found in the highest level of salinity (10 $dS.m^{-1}$). On contrast, the K/Na ratio in wheat shoot was amplified when wheat seedlings were inoculated with rhizobial strains. The highest K/Na ratio was observed in Rhizobium leguminosarum treatment. There are data that show that wheat cultivars having greater leaf K:Na, K ion flux, and growth improve under saline conditions

1, 2, 3 and 4- MSc Student, Associated Professor, Professor and Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: alakzian@yahoo.com)

(Mayak et al., 2004; Morant Manceau et al., 2004; Yao, 2010). It seems that *Rhizobium leguminosarum* reduced the detrimental effect of salinity to some extent.

Acknowledgements

This research was partially supported by vice president for research and technology of Ferdowsi University of Mashhad. We thank our colleagues who provided insight and expertise that greatly assisted the research, although they may not agree with all of the interpretations or conclusions of this paper.

References

Agarwal, S., and Ahmad, Z. 2010. Contribution of the *rhizobium* inoculation on plant growth and productivity of two cultivars of Bersem (*Trifolium alexandrinum* L.) in saline soil. Asian Journal of Plant Sciences 9(6): 34-350.

Al-Falih, A.M.K. 2002. Factors affecting the efficiency of symbiotic nitrogen fixation by *rhizobium*. Pakistan Journal of Biological Sciences 5(1): 127-1293.

Gratan, S.R., Catherine, M., and Grieve, C.M. 1993. Mineral nutrient acquisiton and response by plants grown insaline environments, Handbok of Plant and Crop Stress, Marcel Deker Inc, New York pp. 203-226.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.

Morant Manceau, A., Pradier, E., and Tremblin, G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology 161: 25-33.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by Pseudomonas putida Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49-54.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 269

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۹

Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker)

S.M. Seyyedi[1], P. Rezvani Moghaddadm[2*], R. Shahriari[1] and M. Azad[1]

Submitted: 29-05-2011
Accepted: 03-01-2012

Keywords: Allelochemicals, Decay durations, Leaf, Parasitic weed, Root, Stem

Introduction

Dodder (*Cascuta campestris* Yuncker) is an annual parasitic plant from the Convolvulaceae family (Mishra et al., 2007). It wraps around many adjacent dicot and a few monocot plants, penetrates in their vascular tissue and exploits photosynthates, nutrients and water (Lanini & Kogan, 2005). Consequently, the growth, vigor and production of the host plant will be severely reduced (Nadler-Hasasr & Rubin, 2003). Dodder is not able to complete its cycle, if it is not attached to a host. Therefore, it is entirely dependent on its host for supplying water, assimilates and minerals (Mishra et al., 2007).

Considering the nature of dodder habit, it is rarely possible to completely control dodder by using different chemical herbicides (Lanini & Kogan, 2005). In addition, because of increasing the environmental concerns caused by applying synthetic herbicides, there is considerable attention to alternative strategies for weeds management (Batish et al., 2002; Bowmik & Inderjit, 2003).

In recent years, allelopathic plants, an alternative strategy for weed management, have received massive attention (Narwal, 2010; Jamil et al., 2009). Due to the importance of dodder as a parasitic weed, this research was conducted with the purpose of studying the allelopathic effects of aqueous extracts and decay durations of caster bean (*Ricinus communis* L.) organs on germination and emergence of dodder.

Materials and methods

The current study was conducted based on three separate experiments using a completely randomized design (CRD) with factorial arrangement with three replications. The first experiment was conducted in petri dishes and consisted of caster bean organs at four levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations at 11 levels (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10%). The second experiment was conducted in pots and factors were caster bean organs at 4 levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations in 5 levels (0, 2.5, 5, 7.5 and 10%). The third experiment was conducted with caster bean organs at 4 levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and decay durations at 8 levels (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days of decay and control).

All experimental data were analyzed by ANOVA and the means were separated by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and discussion

The results of the first and the second experiment showed that aqueous extract of caster bean organs has a significant effect on dry weight, length of seedling and germination of dodder. From the third experiment, decay duration had a significant effect on the mentioned traits. Leaf aqueous extract in comparison with other organs had the most effect on the studied traits. The complete suppression of emergence was observed in 0, 15, 30 and 45 days of decay by using caster bean leaves.

In conclusion, caster bean residues showed great potential for reducing germination and growth of dodder.

1 and 2- MSc Student and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Therefore, allelopatic potential of caster bean can be considered as a sustainable approach in integrated dodder management systems. In the future, the effective concentrations of aqueous extracts of caster bean organs may be useful as sources for producing biological herbicides.

References

Batish, D.R., Tung, P., Singh, H.P., and Kohli, R.K. 2002. Phytotoxicity of sunflower residues against some summer season crops. Journal of Agronomy and Crop Science 188: 19-24.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Jamil, M., Cheema, Z.A., Mushtaq, M.N., Farooq, M., and Cheema, M.A. 2009. Alternative control of wild oat and canary grass in wheat fields by allelopathic plant water extracts. Agronomy for Sustainable Development 29: 475-482.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cucuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32: 165-179.

Mishra, J.S., Moorthy, B.T.S., Bhan, M., and Yaduraju, N.T. 2007. Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (*Cuscuta campestris*) and its management in niger (*Guizotia abyssinica*). Crop Protection 26: 625-629.

Nadler-Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* to herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341-347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25: 51-72.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 271

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۱

The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.)

A. Koocheki[1*], A. Ruhi[2] and F. Nurbakhsh[3]

Submitted: 23-10-2012
Accepted: 13-03-2013

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter*, Nitroxin**,** Phosphate Solubilizing Bacteria

Introduction

Canola is the world third oil crop with 25 to 55 percent oil content (Hezbavi & Minaei, 2008). In recent years, tendency towards expansion of the acreage of canola in Iran has been increasing and for the years 2010-2011 an area of 93000 ha with a total production of 190000 tons has been reported (Ministry of Jihad of Agriculture, 2013). Application of biological fertilizers which are environmentally friendly agents have been reported to enhance yield and quality of different crops (Shoghi Kalkhoran et al., 2012; Afrasiabi et al., 2011). The purpose of the present study was to investigate the effects of biological fertilizers on quantitative and quality criteria of canola.

Material and methods

For this study, a factorial arrangement based on randomized complete block design and three replicates was used. The experimental treatments were three canola cultivars namely okapi, zarfam and modena which was combined with four levels of biological fertilizers: Nitroxin, Phosphat solubilizing bacteria (PSB), Nitroxin+PSB and a control. Seeds were planted in plots of 2×3 m^2. All field managements were carried out based on conventional practices. The measured criteria were plant height, number of pods per plant, 1000- seed weight, biomass yield, harvest index, oil content and yield.

Results and discussion

The results showed that in all studied criteria except 1000- seed weight there were significant differences between cultivars. Different fertilizer treatments had a significant effect on all criteria except 1000- seed weight and HI. Modena cultivar had the highest oil yield and quantitative characteristics. Composition of phosphate solubilizing bacteria+nitroxin also had the highest oil yield and quantitative characteristics. The interactions between biofertilizer treatments and cultivars in all criteria were not significant. The result of this experiment indicated the effectiveness of use of biofertilizers.

References

Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, A.M. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar- 2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata* cv. Robinson. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 4: 43-54. (In Persian with English Summary)

Hezbavi, E., and Minaei, S. 2008. Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Food Science and Technology Research Journal 5: 21-28. (In Persian with English Summary)

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2013. Available at Web site http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52 (verified 12 march 2013)

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effects of biofertilizer and green manure (winter wheat) in combination with integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences 3: 35-52. (In Persian with English Summary)

1, 2 and 3- Professor, MSc Student and PhD Student in Agroecology, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 272

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۲

The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions

E. Gholami Sharafkhane[1], M. Jahan[2], M. Banayan Avval[3], A. Koocheki[4] and P. Rezvani Moghaddam[4]

Submitted: 06-05-2013
Accepted: 13-05-2014

Keywords: Cattle manure, Dry matter yield, Low input system, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Vermicompost

Introduction

Savory (*Satureja hortensis* L.) is an annual herbaceous plant that belongs to the Lamiaceae family. Nowadays, the use of biofertilizers is increased in agriculture and their role in increasing the crops production has been demonstrated in many research works (Vessey, 2003; Chen, 2006; Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). One of the most important visions is sustainable production of enough food plus paying attention to social, economical and environmental aspects. (Gliessman, 1998) stated that the first step to achieve this goal is optimization and improvement of resources use efficiencies.

Considering medicinal importance of savory and its role in the food and pharmaceutical industries (Omidbeigi, 2000), beside the limited nutrient resources and need to increase healthy production through using ecological inputs, this study was designed and conducted aimed to evaluate agroecological characteristics of savory as affected by the application of biofertilizers, chemical and organic fertilizers under Mashhad conditions.

Materials and methods

In order to study the effects of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of summer savory, a split-plot design based on RCBD with three replications was conducted during the growing season of 2012 at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Different levels of cattle manure (0 and 25 $t.ha^{-1}$) were assigned to the main plots and different types of bio fertilizers (Nitroxin, containing *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp., Biophosphor, containing phosphate-solubilizing bacteria (*Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp.), Biosulfur, containing sulfur-solubilizing bacteria (*Thiobacillus* ssp.), combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur), vermicompost (7 $t.ha^{-1}$), chemical fertilizers (NPK: 60, 60 and 70 $kg.ha^{-1}$) and control (no fertilizer) were used in the sub-plots.

Results and discussion

According to the results, all studied characteristics including plant height, lateral branches, flowering shoot yield, stem yield, percentage of essential oil and dry matter yield were affected positively by cattle manure. The highest plant height and number of lateral branches resulted from vermicompost and combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur, respectively. Biosulfur fertilizer produced the highest dry matter yield, flowering shoot yield and stem yield. Percentage of essential oil was also significantly affected by fertilizer treatments as the most percentage of essential oil was obtained from Nitroxin, vermicompost and combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur. A positive and strong correlation was observed between dry mater yield and flowering shoot yield and stem yield, respectively.

Conclusion

The results indicated that application of organic and inoculation of biological fertilizers have positive effects on improvement of qualitative and quantitative traits of summer savory, so it could be considered as an

1, 2, 3, and 4- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor, Associate Professor, Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gholamisharafkhane.eghsh@gmail.com)

alternative method for healthy production of summer savory.

Acknowledgements

The expenses for this research were funded by the Research and Technology Deputy of the Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of agriculture. The financial support is appreciated.

References

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand. 11 pp.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press. ISBN: 1-57504-043-3

Mahfouz, S.A., Sharaf- Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. vol. (3). Beh Nashr Publisher, Mashhad. (In Persian)

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 274

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۴

Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province

K. Majd Salimi[1*], E. Amiri[2] and S. Shaigan[3]

Submitted: 27-04-2013
Accepted: 22-06-2014

Keywords: Rainfed field, Sprinkler, Supplemental irrigation, Tea yieldirrigation, Water use efficiency

Introduction

Tea leaves harvesting practically starts from April to November in two provinces (Guilan & Mazandaran), due to being located in rain fed and mountainous areas. In unirrigated fields during a drought season, the yield quality was reduced at the middle of growth periods (Majd Salimi & Mirlatifi, 2008). Therefore, to avoid the loss, improve the quality and increase yield, tea bushes needed supplemental irrigation during a drought season (Stephens & Carr, 1991a). According to reported research works in different tea cultivating countries, water use efficiency of produced tea was between 1.5-9 $kg.ha^{-1}.mm^{-3}$ of used water. This variation practically depends on the type of irrigation system, amount of rain and irrigation, clone type, fertilizer amount and type, season, climatic conditions, field management, age of bushes as well as harvesting (Carr, 2010 a,b; Stephens & Carr, 1991 a,b). There is no report to indicate water use efficiency in tea fields in farmers management conditions .The results of some research works on optimal use of water and fertilizer showed that water use efficiency in rain fed (non irrigated) case was between 2.1-6.7 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ of used water (rain) and in complete irrigation condition it was between 4.6-8.7 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ of used water (rain and irrigation water). According to the results, water use efficiency variation depends on climatic condition (high temperature and air humidity deficit), applied nitrogen fertilizer and interval of irrigation (Majd Salami et al., 2011; Majd Salami, 2012). This investigation was conducted to ascertain yield quality, used water, irrigation use efficiency and water use efficiency in tea fields in the Guilan province and to analyze field management, harvest and effective irrigation variation factors on this index in farmers management conditions.

Material and methods

The rate of water productivity (WP) was assessed in six irrigated tea fields and three rain fed (non irrigated) cases in farmers management method for two years (2009-2010). During the growing season, yield quality of each field in successive harvests, including soil moisture were assessed with the help of gravimetric soil method and water balance equation. Volume of water entered the irrigation system and amount of water reached to surface level were measured. The amount of rainfall was measured using rain gauge installed at the site. The United State Department of Agriculture (USDA) method was used to measure the effective rainfall. During the growing season, soil moisture balance equation and soil moisture monitoring and measurement were conducted in all selected fields, with the help of sampling weights method (average of weight in three depths of root). For selected tea fields in rainfed conditions (WS, CN and EM), production per unit of effective rainfall or water productivity due to effective rainfall (WPp) and gross irrigation water consumption productivity and actual water consumption productivity (evapotranspiration) in irrigated tea fields (WA, WB, CG, CK, EP & ED) were determined. Also, water irrigation productivity (IWP) in irrigated tea fields was calculated.

Result and discussion

The mean quantities of made tea in irrigated and rainfed cases were 2843 and 1095 kg ha^{-1}, respectively. Average of gross irrigation and effective rainfall (WP) and irrigation water productivity (IWP) in the irrigated fields were 4.39 and 4.55 kg. (made tea) $ha^{-1}.mm^{-1}$ and average of net WP (actual evaportanspiration) and net IWP was 5.18 and 6.61 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$, respectively. Average WP in rainfed tea fields was 3.4 $kg.ha^{-1}$ for each mm

1, 2 and 3- Researcher, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, Associate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch and Researcher, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, respectively.
(*- Corresponding author Email: k_majdsalimi@yahoo.com)

of effective rainfall. The most effective factors on WP reduction in tea fields were improper harvesting operations (non-standard plucking) and economic problems. Moreover, improper operation and maintenance and old irrigation systems and unprincipled irrigation scheduling in irrigated tea fields were also effective on WP reduction. Comparing the results of this study with other studies in the past showed that implementing the proper methods in irrigation management and appropriate agricultural practices can improve water productivity in tea fields.

References

Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 1. water relations. Experimental Agriculture 46(3): 327-349.

Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 2. water productivity. Experimental Agriculture 46 (3): 351-379.

Majd Salimi, K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 133 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., Salvatian, S.B., and Rezaeii, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran, Journal of Water and Soil 24(6): 1129-1141. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., and Mirlatifi, S.M. 2008. Tea (*Camellia* sinensis L.) yield response to irrigation and nitrogen fertilizer applications, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 12(44): 39-50. (In Persian with English Summary)

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experimental Agriculture 27: 177-191.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experimental Agriculture 27: 193-210.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 276

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۶

Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf-Rood basin in Mashhad)

H. Aghasafari[1*] and M. Ghorbani[2]

Submitted: 08-03-2014
Accepted: 19-05-2015

Keywords: Contingent valuation, Farmers financial participation, Polluted water, Tobit model

Introduction

Agricultural development in response to the growing demand for food is inevitable. Besides that, undesirable implications occur for human life and the environment that are requirements for problem- solving and change. Pollution of surface waters and ground waters includes the most important undesirable implications for agricultural development (Ongley, 2003). Chemical pesticides and fertilizers consist about 15 percent of water pollution. Chemical pesticides directly affect water quality. But chemical fertilizers affect water quality when large quantities of them enter the soil, so that its surplus enters rivers and lakes by outlet water and drainage and by providing food for algae causes their rapid growth. These materials consume the oxygen of water and cause the death of aquatic organisms (Ali Hosseini, 2011). Also, shedding liquids such as urban sewage, industrial sewage and domestic sewage on agricultural land particularly and the legal or illegal excretion of them in the water resources and failure or overflow of the sewage system cause water pollution. Since farmers are partners in the creation of water pollution, to reduce the environmental undesirable effects of polluted water we should examine farmers' behavior, until finally we become able to modify or reduce the undesirable environmental effects. For this reason, this study tried to examine farmers' financial participation to specifically reduce the undesirable environmental effects of polluted water in Kashaf- Rood basin .

Materials and methods

In order to examine farmers' financial participation (willingness to pay), the Contingent Valuation approach was used. In this approach, willingness to pay (WTP) to maintain the present situation and to make positive changes in the environment and willingness to accept (WTA) to compensate loss of profit or increase a loss of Environment (Pearce & Turner, 1990) were examined. In this study, for extracting the value of the goods or service in the contingent valuation approach, Open End technique was used, because the farmers who were questioned, were aware of the undesirable environmental effects of polluted water and the cost of reducing these effects. Tobit model by Heckman's two stages was the model used in this study. Failure of Logit and Robit models in the distinction between the factors affecting the decision and the factors affecting the level of activity were the main reasons for using this model (Darijani, 1999; Tobin, 1958). To achieve the desired sample proportion with the study objectives, simple random sampling was used, because of the homogeneity of the studied population. To determine the number of samples the Cochrane relationship and so were used. 100 questionnaires were collected from farmers of Kashaf- Rood Basin in the city of Mashhad in 2014. For estimation of Tobit model Shazam software version 11 was used.

Results and discussion

The results showed that variables of age, farmers agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-Rood river index, total amount of annual consumption of chemical pesticides and variables of sex, total cultivated land area, farmers agreement with benefits of preventing soil washing index, farmers agreement with desirable quality of available soil and water index and farmers agreement with investments to protect the soil and water index, experience in the use of soil and water conservation practices had significant positive and negative

1 and 2- Msc Student and Professor of Agricultural Economics Department of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: h.aghasafari@yahoo.com)

impacts on farmers' decisions to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water, respectively. Also, variables of age, type of agricultural activity, crops under cultivation, the total amount of annual chemical fertilizer consumption per year, the total amount of annual chemical pesticides consumption, farmers agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf- Rood river index and variables of net savings of agriculture, land ownership status, experience in the use of soil and water conservation practices, total cultivated land area, farmers agreement with desirable quality of available soil and water index, and sex had significant positive and negative impacts on the amount of farmers' financial participation to reduce the undesirable environmental effects of polluted water, respectively. The results indicated that the maximum amount of farmers' financial participation for reducing the undesirable environmental effects of polluted water per hectare in five scenarios were 134500, 179500, 225500, 271000 and 354500 rials, respectively.

References

Ongley, E. 2003. Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55: 101 pp.

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Ali Hosseini, M. 2011. The risks posed by pesticides and fertilizers. Geomorphology Page. Available at Web site http://geologist63.blogfa.com.

Darijani, A. 1999. A survey of depositors' view and factors affecting the amount of household bank deposits. MSc Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economic of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Tobin, J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26: 29-36.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 278

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۸

Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.)

A. Gholami[1*], I. Akbari[2] and H. Abbasdokht[1]

Submitted: 17-05-2014
Accepted: 24-08-2014

Keywords: Anethol, Bio fertilizer, Essence, Fennel, Organic manure

Introduction

Today, economic and environmental losses due to excessive use of chemical fertilizers in agriculture are well known. Obviously, a good alternative should be considered for this type of fertilizer. The objectives of sustainable agriculture are, by reducing off-farm inputs such as chemical fertilizers, to increase the nutrient cycle and the use of biological and organic fertilizers to increase agricultural yields. Studies on medicinal plants indicate that the use of sustainable farming systems provide the best conditions for the production of these plants. Biofertilizers are populations of beneficial soil organisms, or one or more of their metabolic products. Mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid are samples of biological and organic fertilizer that can be used, to eliminate or substantially reduce the use of chemical inputs in order to increase the quantity, quality and stability of the products. Mycorrhizal fungi is one of the most important rhizosphere microorganisms which has symbiotic relation with root of most crops. Mycorrhizal symbiosis improves the soil physical quality (through expansion of hyphae of fungus), chemical (through increased absorption of nutrients) and biological (the soil food web). This fungus increased nutrient uptake, such as phosphorus and some micronutrients, water uptake, reduces the negative effects of environmental stress, increases resistance to pathogens and improves the quality of their host plants (Ardakani et al., 2000; Gupta et al., 2002; Kapoor et al., 2004). Vermicompost is the production process of a certain species of earthworms to convert organic materials. Vermicompost contains absorbable nutrients that are available for plants. Humic acid is a completely natural organic matter produced from the final decomposition of soil organic matter by microorganisms. Humic acid stimulates the growth of the aerial parts and plants (Arancon et al., 2004; Atiyeh et al., 2002; Darzi et al., 2008; Ayas & Gulser, 2005; Rezvani Moghaddam et al., 2009).

Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is one of the most important medicinal plants. As the essential oil from the seeds is used in a variety of industries, pharmaceutical, food and cosmetics , Anethole is an important component of the essential oil of fennel seed. The aim of this study was evaluation of the effects of bio (mycorrhiza) and organic fertilizers (vermicompost and humic acid) on growth characteristics and the yield of fennel.

Materials and methods

This experiment was conducted as a factorial-based on a randomized complete block design in order to evaluate the effects of vermicompost application, humic acid and mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative aspects of fennel yield at the experimental farm of Shahrood University during the growing season of 2012-2013. This experiment includes 12 treatments and 3 replications. Vermicompost levels include: v_1 (no application) v_2 (4 $t.ha^{-1}$) v_3 (8 $t.ha^{-1}$). Mycorrhizal fungi includes: m_1 (no inoculation) and m_2 (inoculation) and humic acid includes: h_1 (no application) and h_2 (application). Each plot had 5 rows which were considered with row spacing of 50 cm and row length of 5 m . Mycorrhizal fungi were added to the soil under each seed rows with amounts of 10 grams. Humic acid was sprayed in 3 stages (vegetative, reproductive and seed filling stage) according to the recommended dose (200 mg per liter). Sampling and measuring of traits were done at the end of the season and after removal of border rows. A 50 gram grain sample of each plot was milled and then essence was collected with Clevenger for three hours using water distillation. Percent of fungal colonization was obtained with Gridline Intersect Method. Finally, for analysis of data and drawing shapes, Mstat-C software and Microsoft Excel were used. Comparison of the least significant difference test (LSD) was conducted at the 5% level.

1 and 2- Associated professor and Post Graduate (MSc) agricultural college, Shahrood University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ahgholami@yahoo.com)

Results and discussion

In this study, plant height, umbels per plant, seed weight per plant, seed and biological yield were significantly affected by the main effects of mycorrhiza, vermicompost and humic acid. The interaction effect of three factors on plant height was significant. The result showed that the highest plant height was obtained with application of 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhizal inoculation and humic acid application. The effects of mycorrhiza, vermicompost and their interaction with the number of seed per umbel were significant. The effects of vermicompost, humic acid and combination effects of mycorrhiza and vermicompost on 1000- seed weight were significant. The interaction effects of vermicompost and mycorrhiza on seed yield were significant. So, mycorrhizal inoculation and 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost application increased about 45% of seed yield over the control plots. The highest value of biological yield was recorded from combination of all factors. So, mycorrhizal inoculation with humic acid and 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost application produced 4823 $kg.ha^{-1}$ biological yield compared with the control plots (2463 $kg.ha^{-1}$).

References

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and bio- phosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and kumar, S. 2002. Effect of the vesicular- *arbuscular* mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Rezvani Moghaddam, P., Bakhshaee, S., Ghafori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis.* National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۰

Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city)

M. Rashid Sorkh Abadi[1*], A. Shahidi[2] and A. Khashei Siuki[2]

Submitted: 24-06-2014
Accepted: 27-01-2015

Keywords: Agroecosystem, Expert Choice, Geostatistical, GIS, Zoning

Introduction

Amongst effective factors in agricultural crops production, climatic condition is important from the view of environmental variables (Seidy Shahivandy et al., 2013). On the other hand, the basic in agricultural development is having detailed knowledge of the environmental characteristics in any place and applying specific management. Saffron as the world's most valuable agricultural and medicinal product is among the plants that has acquired a significant role in the economic and social conditions of arid and semi-arid areas of Southern and Central Khorasan and identifying fit regions for its cultivation around the country will provide the context for necessary planning about its development (Farajzade & Myrzabayati, 2007). According to the influence of various environmental factors on the growth and function of saffron, the process of assessing land ratio for its cultivation needs using detailed and various spatial and descriptive information. Geographical information systems have provided the opportunity to use this kind of data and have facilitated the spatial analysis of information based on intended models (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

Thereafter, this study was conducted with the purpose of evaluation of climatic conditions for saffron cultivation in the city of Torbate Heidariyeh.

Materials and methods

For this reason, climatic data of 10 meteorological stations in the province for a period of 10 years (2000-2010) was selected and with the help of Arc GIS software environment, the modeling and spatial analysis of information was conducted. By using suitable climatic conditions in different growth stages of saffron, information layers were classified and the value of the maps was determined. Finally, for integrating information layers, multi-criteria decision-making methods were used based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). A climatic potential map of saffron cultivation in the city of Torbate Hyidariyeh was prepared.

Results and discussion

The results of the study showed that the effects of rainfall, temperature and solar radiation climatic factors, appropriate for the different growth stages in each region are different. And from the total 9570.2071 kms^2 area of the the city of Torbate Hydariyeh according to Saffron cultivation zoning, 6% has a very good quality, 56% of the area has a good quality, 28% has relative conditions for cultivation, 8.5% has poor and 1.5% of the area has a quite unsuitable quality for the cultivation of saffron.

References

Farajzade, M., and Myrzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Teacher Humanities 50(1): 67-91.

Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Ghazvin province for Saffron cultivation based on Multi-Criteria decision making method. Journal of Natural Geographic Research 66: 101-119.

Seidy Shahivandy, M., Khaledy, S., Shakiba, A.R and Mir Baghery, B. 2012. The Agricultural climate zoning of corn in Lorestan province using of Geographical Information Systems techniques. Journal of Geographical Sciences Applied Research 13(29): 195-214.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 281

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۱

Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.)

R. Mohammadpour Vashvaei[1*], M. Galavi[2], M. Ramroudi[2] and B.A. Fakheri[3]

Submitted: 04-07-2014
Accepted: 15-02-2015

Keywords: Dehydration stress, Medicinal plants, Mycorrhiza, Organic fertilizer, ρ-cymene

Introduction

Thyme (*Thymus vulgaris* L.) is a perennial aromatic shrub belonging to the mint family (Davis, 1982) which has anti-spasmodic, antiseptic, carminative, anti-cough, sputum and antioxidant properties (Dapkevicius et al., 2002). Essential oil of thyme contains variable amounts of phenolic compounds such as thymol and carvacrol (20 to 80%), mono-terpinene hydrocarbons such as ρ-cymene, γ-terpinene and alcohols such as linalool, α-terpinene and tojan (Nickavar et al., 2005; Rustaiyan et al., 2000). Increasing the desired compounds of medicinal plants is possible by manipulation of cultivation techniques such as irrigation, fertilization or photo-bioreactor systems. Water deficiency is the most important factor limiting the growth and yield of drug crops, especially in arid and semi-arid regions (Babaee et al., 2010). Biofertilizers as an alternative in some cases and in most cases as a complement to chemical fertilizers can help to ensure the sustainability of agricultural production systems (Han et al., 2006). (Vital et al., 2002) mentioned the positive effects of biofertilizers in growth and yield of thyme.

The present study was designed to evaluate the effect of biofertilizers and drought stress on growth, yield and essential oil compounds of thyme.

Materials and methods

This experiment was conducted in a split-plot based on randomized complete block design with two replications, at the Research Farm of Zabol University, during the growing season of 2012 and 2013. The main plots consisted of irrigation with 30, 50, 70 and 90% of field capacity and subplots including plant inoculation with nitroxin, biophosphorus and mycorrhiza. Plant traits such as plant height (cm), fresh and dry weight of herbs (g.plant^{-1}), essential oil percentage, essential oil yield (ml.plant^{-1}) of thyme were measured. Chemical compositions of the oil were determined by gas chromatography (GC) and gas chromatography with mass spectrometer (GC/MS). For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA), Duncan's multiple range test (DMRT), simple correlation and stepwise regression were performed using SAS version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and discussion

In this experiment, the effects of drought stress, biofertilizer and their interactions with all studied traits were significant at the 1% probability level. The highest plant height (35.09 cm), fresh and dry weight of herbs per plant (103.52 and 43.27 g.plant^{-1}, respectively.) and essential oil yield (0.350 mL.plant^{-1}) belong to treatment of irrigation with 90% field capacity and nitroxin biofertilizer. The maximum essential oil percentage with 0.413% was obtained by irrigation with 70% field capacity and nitroxin biofertilizer. Fresh weight of herb per plant was the most crucial component in determining essential oil yield in thyme. Plants irrigated with 70% filed capacity gave the highest relative percentage of thymol, which reached 71.32, 50.68 and 47.71% in nitroxin, biophosphorus and mycorrhiza biofertilizer, respectively. This effect was accompanied with a decrease in ρ-cymene content. Inoculation with nitroxin biofertilizer as compared to other fertilizers could further amend drought stress and improve the plant growth, essential oil percentage and yield and phenolic compound thymol

1, 2 and 3- MSc student of Agroecology, Associate Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)

of thyme. Thus, it appears that in order to achieve sustainable agriculture instead of chemical fertilizers, use of bio fertilizers is recommended.

References

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Han, H.S., and Lee, K.D. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-insolubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52:130-136.

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press, Edinburgh 7: 320-354.

Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen J.P.H., and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. Journal of Natural Production 65: 892-896.

Nickavar, B., Mojab, F., and Dolat Abadi, R. 2005. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. Food Chemistry 90(4): 609-611.

Rustaiyan, A., Masoudi, S., Monfared, A., Kamalinejad, M., Lajevardi, T., Sedaghat, S., and Yari, M. 2000. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran. Planta medica 66: 197-198.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 283

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۳

Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.)

M. Sardar[1], M.A. Behdani[2*], S.V. Eslami[2] and S. Mahmoodi[2]
Submitted: 21-01-2015
Accepted: 04-05-2015

Keywords: Conservation tillage, Envoke (Trifloxysulfuron sodium), Fibrousplant, Weed species diversity

Introduction

Cotton shows its best growth where no weeds are present in the field and would give an acceptable yield and quality under these conditions. Soil cultivation is a part of cropping operations which is done to prepare the soil suitable for crop planting and consumes about 60% of the mechanical energy used in mechanized agriculture (Jacobs & Harrel, 1983). Herbicides are important tools of weed management in developed countries and they are one of the main pillars for IWM (Vencill & Banks, 1994). These chemicals, however, are most effective where weeds density has been reduced using other methods such as soil disturbances (Musavi, 2009). Trifloxysulfuron- sodium (Envoke) has been introduced as a low dose and is an effective tool in reducing chemical pesticides usage (Burke & Wilcut, 2004). It has been recommended to apply this herbicide at 2-8 leaf stage of cotton growth. The best result, however, has been achieved at 5-8 leaf stage (Richardson et al., 2007). Envoke is recommended at different dosages. The recommended dose in Iran is 15-20 $g.ha^{-1}$ Envoke WG 75% plus Citogate.

Material and methods

To evaluate the effect of combined dose of different soil tillage methods and weed control on density and diversity of cotton weeds, a split-plot experiment based on randomized complete block design was conducted at the city of Boshruyeh during the rowing season of 2012. Experiment factors were tillage method as the main plot with three levels including conventional tillage, no- till and minimum tillage, and different methods of weed control as sub plots at five levels including the herbicide trifloxysulfuron sodium (Envoke granular formulation with 75% water content of 11.25 $g.ha^{-1}$+ Citogate %2) at 10, 15 and 20 $g.ha^{-1}$, as well as a non-weeding and a hand hoeing plot with four replications. Identification of dominant weeds and their density calculations were conducted at three stages including before spraying as well as 15 and 30 days after spraying. Samplings were carried out at these three stages using the data from two 50x50 cm quadrates fixed in each plot between two adjacent ridges. Cotton yield was measured through sampling 20 cotton plants (2.5 m^2) from the two central lines after omitting 0.5 m from each side of the planting line as the margin effect. Analysis of variance was done using SAS v_8 and comparison of the means was conducted using FLAD at 5% level.

Results and discussion

In this experiment, field weeds included broad-and narrow-leaved weed species including *Chenopodium album, Alhaji alhaji, Amaranthus* spp., *Cynodon dactylon, Sophora secundiflora, Setaria* spp., *Echinochloa crus-gali, Acroptilon repens* L. The results showed that weeds density and composition were considerably affected by tillage methods. The no- and minimum tillage systems increased narrow leaf weeds density by 22.72 and 14.47% compared with conventional tillage, respectively, while these systems decreased the broad leaf

1 and 2- MSc of Agronomy and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

weeds density by 65.47 and 48.21%, respectively. Perennial weeds especially *Cynodon dactylon* were dominant species under the no tillage treatment, but annual weeds like *Setaria* spp., *Echinochloa crus-gali*, *Amaranthus* spp. and *Chenopodium album* were more dominant under conventional tillage. Both annual and perennial weeds were observed under reduced tillage treatments (chisel and disk). The greatest weed density reduction (narrow and broad- leaved) was observed where 20 $g.ha^{-1}$ of Envoke with Citogate was sprayed under conventional tillage and conservation tillage was next in the rank. The greatest cotton yield was observed under minimum tillage and hand weeding treatments.

References

Burke, I.C., and Wilcut, J.W. 2004. Weedmanagement in cotton with CGA 362622, Fluometuron, and pyrithiobac. Weed Technology 18: 268-276.

Jacobs, C.O., and Harrel, W.R. 1983. Agricultural power and machinery. Mc Grow Hill Book Companies. New York.

Musavi, M. 2009. The Principlesand Methods of Weed Control. Marzdanesh Publications, Tehran. Iran. (In Persian)

Richardson, R.J., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2007. Pre emergence herbicides followed By Trifluxysulfuron poste mergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.

Vencill, W.K., and Banks, P.A. 1994. Effects of tillage systems and weed management on weed population in grain sorghum. Weed Science 42: 541-547.

Contents

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils 147
S. Homayoun, A. Lakzian, G.H. Haghnia and R. Khorassani
Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) 156
S.M. Seyyedi, P. Rezvani Moghaddadm, R. Shahriari and M. Azad
The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.) 168
A. Koocheki, A. Ruhi and F. Nurbakhsh
The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions 179
E. Gholami Sharafkhane, M. Jahan, M. Banayan Avval, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam
Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province 190
K. Majd Salimi, E. Amiri and S. Shaigan
Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf- Rood basin in Mashhad) 202
H. Aghasafari and M. Ghorbani
Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) 215
A. Gholami, I. Akbari and H. Abbasdokht
Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city) 225
M. Rashid Sorkh Abadi, A. Shahidi and A. Khashei Siuki
Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) 237
R. Mohammadpour Vashvaei, M. Galavi, M. Ramroudi and B.A. Fakheri
Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.) 254
M. Sardar, M.A. Behdani, S.V. Eslami and S. Mahmoodi
Extended abstracts 267-284

Journal of Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 7 No. 2 Summer 2015

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad, Press
Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran
Tel: +98-51– 38806454
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

نشریه بوم شناسی کشاورزی
دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۷ شماره ۲ تابستان ۱۳۹٤

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
سردبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیات تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)
دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر سرور خرم دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر پرویز رضوانی‌مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمد گلوی، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
دکتر مهدی نصیری‌محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: ۳۵ نسخه
قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵
تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ **نمابر:** ۳۸۷۸۷۴۳۰-۰۵۱
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.
http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ۷ شماره ۲ تابستان ۱۳۹٤

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
سردبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیات تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)
دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر سرور خرم دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر پرویز رضوانی‌مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمد گلوی، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
دکتر مهدی نصیری‌محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: ۳۵ نسخه
قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵
تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ **نمابر:** ۳۸۷۸۷۴۳۰-۰۵۱
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.
http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

تأثیر باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور ۱۴۷

سمیه همایون، امیر لکزیان، غلامحسین حق‌نیا و رضا خراسانی

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker) ۱۵۶

سید محمد سیدی، پرویز رضوانی مقدم، روشنک شهریاری و مسعود آزاد

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) ۱۶۸

علیرضا کوچکی، عقیل روحی و فرانک نوربخش

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد ۱۷۹

عفت غلامی شرفخانه، محسن جهان، محمد بنایان اول، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان ۱۹۰

کوروش مجد سلیمی، ابراهیم امیری و شهرزاد شایگان

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود) ۲۰۲

حنانه آقاصفری و محمد قربانی

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) ۲۱۵

احمد غلامی، ایمان اکبری و حمید عباس دخت

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه) ۲۲۵

مهدیه رشید سرخ‌آبادی، علی شهیدی و عباس خاشعی

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.) ۲۳۷

رقیه محمدپور وشوایی، محمد گلوی، محمود رمرودی و براتعلی فاخری

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) ۲۵۴

محبوبه سردار، محمدعلی بهدانی، سید وحید اسلامی و سهراب محمودی

چکیده‌های مبسوط ۲۶۷-۲۸۴

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

It is very appropriate that a new Journal of Agroecology has appeared in a part of the world that history tells us is where some of the earliest organized crop farmers and animal managers in the world first began their work. The traditional farmers of the Persian region are famous for their ability to design and manage sustainable agroecosystems, making them some of the first agroecologists. Their extensive knowledge about water conservation, dryland farming, irrigation, crop and animal domestication, to name a just few of their abilities, have long served as models of wise natural resource management under limiting environmental conditions.

Traditional agroecosystems have developed in the region that are complex systems of interrelated activities focused on the work of each household unit, and their relationships with local communities. Crop farming, animal husbandry, and local handicrafts all combine to provide year-round participation of the entire family. A large variety of animal and plant products, available throughout the year, provide food security that withstands major environmental limitation (especially from drought) and socio-economic uncertainty (especially from market fluctuations). But perhaps most importantly, many farmers of the region live and work within the limitations of the ecological backdrop within which they are located, using local resources and inputs. The ecological and social sustainability of agriculture in such systems is strongly interdependent.

But modern agriculture in the region, as in most parts of the world today, is rapidly displacing this local, traditional knowledge. New sources of energy and technology, most often dependent on non-renewable and costly external inputs, have helped raise yields dramatically. A strong focus has been placed on production for distribution to distant markets that are not in touch with the local understanding of the limits to agroecosystem design and management.

Over the past few decades, the long-term costs and liabilities of the introduction of these modern farming techniques have been documented. Soil and water degradation, loss of agricultural biodiversity, contamination of air and water by pesticides and fertilizers, and increased pest and disease resistance to agrichemicals, are just a few of the environmental problems faced by agriculture today. And the loss of productive agricultural land to urban and industrial development, the displacement of farmers from the land to the cities, and the frequent hunger and poverty in rural regions have become all too common problems on the social side of agriculture.

This journal offers a forum for the re-building of a sustainable agriculture for the region. Using the ecological concepts and principles, local agroecologists can provided a firm foundation for designing and managing the sustainable agriculture of the future. On the one hand, agroecological studies of traditional agriculture can point out the strengths and values of local knowledge. On the other hand, an agroecological analysis of modern agriculture can point out both the strengths as well as the weaknesses of new technologies. A combination of local knowledge and new understanding, all tested by an analysis of sustainability, can once again provide the natural resource conserving, economically sound, and socially equitable agriculture needed for the future.

I congratulate Dr. Alireza Koocheki and Dr. Reza Ghorbani of the Faculty of Agriculture at Ferdowsi University in Mashhad, Iran, for this big step forward for agroecology and sustainable food systems. They are both pioneers in this field and a valuable example for students and farmers of the region.

Steve Gliessman
Ruth and Alfred Heller Professor of Agroecology
University of California, Santa Cruz
March 2010

سخن سردبیر

در حال حاضر بوم‌نظام‌های تولید غذا در جهان با اتکاء به دستاوردهای حاصل از تکنولوژی‌های جدید، توانسته است از دیدگاه کمی غذای مورد نیاز جمعیت کره زمین را تولید نماید، ولی از نظر کیفی هنوز بیش از یک میلیارد و دویست میلیون نفر در گرسنگی یا سوء تغذیه بسر می‌برند و این در حالی‌ست که بوم‌نظام‌های فعلی تولید غذا با مشکلات بسیاری از جمله فرسایش خاک، بحران آب، تخریب زمین‌های حاصلخیز، مقاومت علف‌های هرز و آفات به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، طغیان آفات و بیماری‌های ناشی از تدوام بوم‌نظام‌های تک کشتی، اثرات منفی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدلیل استفاده از تکنولوژی‌های مدرن وابسته به سوخت‌های فسیلی در تولید غذا با چالش‌های فراوانی روبرو است. بدون تردید ادامه چنین روندی پایدار نیست و در نتیجه تولید مواد غذایی به شکل فعلی آن نمی‌تواند ادامه داشته باشد.

به همین دلیل امروزه دیدگاه‌های جهانی نسبت به تولید غذا و فعالیت‌های کشاورزی به سرعت در حال تغییر است. موضوع تولیدات کشاورزی و غذا از نوع صرفاً فنی به موضوعی کاملاً پیچیده از ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سیاسی تبدیل شده است. علاوه بر آن، عقیده بر این است خدمات یک بوم‌نظام تنها آن چیزی نیست که بطور مستقیم تولید می‌کند، بلکه خدمات مجازی یا پنهان آن می‌تواند ارزشی به مراتب فراتر از تولید مستقیم آن داشته باشد. به همین دلیل اصطلاحاً کشاورزی را نیز باید از ابعاد چند کارکردی نگریست و در قالب محیط زیست آن را مدیریت کرد و منابع زیست محیطی آن را افزایش داد. برای رسیدن به این هدف به نظر می‌رسد طراحی مجددی را برای بوم‌نظام‌های کشاورزی ضروری باشد.

بوم‌شناسی کشاورزی علمی جامع و همه‌جانبه نگر بوده و کلیه جنبه‌های فرآیند تولید غذا از زنجیره تولید تا مصرف را مورد نظر دارد. بدون تردیده بهره‌گیری از مبانی بوم‌شناختی در تولید مواد غذایی نه تنها شناخت بیشتری را می‌طلبد، بلکه فرآیندی درازمدت و با ثبات بوده و برای ارزیابی آن باید مقیاس زمانی طولانی‌تری را مدنظر قرار داد. طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی بر چنین مبانی، مراحل مختلفی از جمله مرحله بالابردن کارآیی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

نشریه بوم شناسی کشاورزی هنوز در ابتدای راه موفقیت قرار دارد. هدف دست اندرکاران نشریه در سال جاری و سال‌های آینده بهبود کمی و کیفی مقالات منتشر شده و اقدام در جهت نمایه نمودن نشریه در فهرست مجلات ISI می‌باشد، لذا راهنمای نگارش مقالات مطابق با استانداردهای اعلام شده آن مؤسسه باشد.

بدیهی است که ادامه و پیشرفت کمی و کیفی یک مجله به ارتباط علمی با تمامی همکاران گرامی دانشگاهی، پژوهشگران محترم مراکز پژوهشی، دانشجویان عزیز و سایر علاقمندان علم بوم‌شناسی کشاورزی و استفاده از رهنمودها و تجارب ارزشمند آنها بستگی دارد. لذا از کلیه عزیزان دعوت می‌شود تا با ارسال نتایج ارزشمند تحقیقاتی خود و کمک در داوری مقالات ما را جهت پُر بارتر کردن مطالب مجله، یاری دهند. از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد با ارسال انتقادات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در جهت ارتقای هر چه بیشتر کیفیت نشریه بهره‌مند فرمایند.

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

گرچه دستاوردهای کشاورزی صنعتی در تولید مواد غذایی غیرقابل انکار است، ولی پیامدهای منفی ناشی از آن نیز از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل‌توجه است. فرسایش خاک و منابع ژنتیکی، آلودگی منابع آب و خاک، آلودگی مواد غذایی به بقایای مواد شیمیایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین، تنها بخشی از مشکلات ناشی از فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی توسط انسان است. بهمین دلیل، امروزه در جستجو برای نوعی کشاورزی جایگزین، به کاربرد مبانی بوم‌شناسی در عملیات کشاورزی توجه خاصی معطوف شده است. چنین رهیافتی جز با نگرشی نظام‌مند به کشاورزی و در چارچوب آنچه که به‌اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین‌ترتیب طراحی بوم‌نظام‌هایی با اتکاء به اصول بوم‌شناختی را ضروری می‌سازد. آنچه در کشاورزی بوم‌سازگار مطرح است نگاهی جامع به مجموعه‌ای از کارکردها است که هدف از آن تنها کسب محصول صرفاً اقتصادی نیست و عملکرد مفهومی فراتر از مفهوم رایج آن، به‌عنوان تنها بخشی از کارکرد یک بوم‌نظام کشاورزی، را در بر می‌گیرد. در همین چارچوب در بوم‌نظام‌های کشاورزی در حقیقت کسب عملکرد بیشینه هدف نیست, بلکه عملکردی پایدار و چندمنظوره مورد نظر است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی قابل حصول و قابل توجیه باشد.

گرچه چنین نگرشی از سابقه بسیار طولانی در تمدن تولید مواد غذایی ایران برخوردار است ولی در قالب نوین آن در کشور ما کمتر از دو دهه است که مطرح شده است. خوشبختانه هم‌اکنون زیرساخت‌های ضروری برای تحکیم بخشیدن به چنین نگرشی کاملاً فراهم است و در دانشکده‌های کشاورزی کشور نه‌تنها دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا در رشته کشاورزی بوم‌سازگار دایر شده است، بلکه حجم قابل ملاحظه‌ای از مقالات علمی که در حال حاضر در نشریات رایج علمی- پژوهشی کشاورزی منتشر می‌شود، بر همین مبنا است. به‌همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله ای «بوم شناسی» است، لذا اطلاعات علمی مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی که بر این مبنا استوار باشد متناسب با این مجله می‌باشد.

با توجه به سابقه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در رابطه با کشاورزی بوم‌سازگار، این مجله توسط این گروه و سالانه در چهار شماره در زمینه‌های زیر منتشر خواهد شد:

- فعالیت‌های پژوهشی کشاورزی با اتکاء به حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست و افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی
- مدیریت زراعی در رابطه با کاربرد نهاده‌های بیولوژیک
- عملیات خاک ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حد اقل اتکا به نهاده های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمّی در عوامل تولید و مدل‌سازی رشد و نمو گیاهی
- روش‌های پایش عملکرد و مطالعات ارزیابی خلاء عملکرد
- کاربرد اصول فیزیولوژی در شناخت روابط اکولوژیک و افزایش کارآیی تولیدات زراعی
- ارزیابی چرخه‌های حیات در تولیدات زراعی
- پهنه‌بندی‌های اقلیمی و ناحیه‌بندی اگرواکولوژیکی
- استفاده از بقایای محصولات زراعی در تهیه سوخت‌های زیستی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین در اکوسیستم‌های کشاورزی
- کاربرد کودهای بیولوژیکی، استفاده از میکوریزا و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
- کاربرد کمپوست و فرآورده‌های مشابه
- اصلاح خاک از طریق فرآیندهای بیولوژیکی
- مدیریت اکولوژیک آفات، بیماری‌ها و علفهای هرز با استفاده از روابط بیولوژیکی و عملیات تلفیقی
- عملیات ترسیب کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای
- استفاده از گیاهان دارویی در تناوب و یا بصورت همراه با محصولات زراعی
- عملیات زراعی در جهت بهبود تنوع زیستی
- بوم‌شناسی کشاورزی و دانش بومی
- تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناختی و اقتصاد اکولوژیک

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی‌که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد, رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله ۱/۵ بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه ۱۲ تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه ۱۰ با فاصله خط ۱ نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر ۱۵ صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، سپاسگزاری و فهرست منابع کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر ۲۰ کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه ۱۴ نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی, درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده** حداکثر ۲۵۰ کلمه و در یک پاراگراف نوشته شود.
- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007) . برای جداسازی منابع در انتهای جمله از ";" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).
- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999)، Smith & Samuel (2009)و Samuel et al. (2008)
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌ها ی جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملا انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.

- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انکلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

الف- کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه ۱۲ در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه ۰/۵ انتخاب گردد.

ب- کلیه منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی (In Persian with English Summary) و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی داخل پرانتز (In Persian) نوشته شود.

ج- در نوشتن منابع، اسامی مجلات بصورت کامل نوشته شوند.

د- در صورتی‌که در نوشتن منابع مقاله از برنامه EndNote استفاده می‌شود، در قسمت Bibliography style نوع Agri Ecosys Enviro انتخاب گردد.

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, K., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 85: 1-8.

۲- کتاب تالیف شده:

Pretty, J. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Earthscan Publications Limited, London.

۳- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):

Ison, R. 2008. Systems thinking and practice for action research. In P. Reason and H. Bradbury (Eds.). Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. Sage Publications, London. p. 139–158.

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

Flora, C.B. 2004. Agricultural change and rural development. Rural Development News 27(3):1–3. Available at Web site http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/newsletter/Vol27No3-2004/agchange.htm (verified 5 September 2000).

۵- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی همراه با نام نگارنده:

Watson, R.T., Zinyowera, M.C., and Moss, R.H. 2006. IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at Web site http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm (verified 5 September 2007).

۶- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی بدون نام نگارنده:

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx (verified 5 September 2007).

۷- رساله‌های تحصیلی:

Khorramdel, S. 2011. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

۸- کنفرانس‌ها ی علمی:

Verschwele, A. 2007. Reducing weed infestation in winter wheat by sowing technique. In Seventh EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Salem, Germany, 11–14 March 2007, p. 91–96.

۹- گزارش‌های علمی:

Pretty, J. and Hine, R. 2001. Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Final report from the 'SAFE World' Research Project, University of Essex. Available at http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEWexecsummfinalreport.htm (accessed 22 February 2007).

NJF. 2005. NJF-Seminare 369. Organic farming for a new millennium – status and future challenges. Nordic Association of Agricultural Scientists, NJP Report Volume 1, No. 1. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. p. 252–256.

California Department of Food and Agriculture. 2004. State organic crop and acreage report. Available at Web site: www.cdfa.ca.gov/is/i&c/docs/2004stateData.pdf (verified October 2005).

۱۰- نرم افزار های کامپیوتری:

SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.

Systat. 2004. Systat Version 11. Systat Software, London, UK.

از کلیه همکاران، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که مایل به چاپ مقاله در این مجله می‌باشند، تقاضا می‌شود مقالات خود را با مشخصات فوق تهیه و از طریق سایت نشریه به صورت الکترونیکی برای دفتر نشریه ارسال فرمایند.

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه مجلات علمی، دفترمجله بوم شناسی کشاورزی

صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۵-۰۵۱ نمابر: ۳۸۸۰۴۶۵۵۳۸۷۹۶۸۴۱- ۰۵۱ E-mail: **Agroecology@um.ac.ir**

http://jm.um.ac.ir/index.php/agroecology

از آنجائیکه نشریه بوم شناسی کشاورزی مبتنی به نتایج پژوهش‌هایی است که مستقیماً با محیط طبیعی در ارتباط است، نتایج پژوهش‌های مربوط به محیطهای تحت کنترل مانند گلخانه و آزمایشگاه تناسب چندانی با این نشریه ندارند و لذا از پذیرش مقالاتی که حاصل چنین پژوهش‌هایی باشد معذوریم.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 147-155

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۵۵-۱۴۷

تأثیر باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور

سمیه همایون[۱]، امیر لکزیان[۲*]، غلامحسین حق‌نیا[۳] و رضا خراسانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۱۹

چکیده

شوری خاک یکی از مشکلات مهم در تولید فرآورده‌های کشاورزی است و سطح نسبتاً گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی در دنیا و ایران با مشکل شوری روبه‌رو هستند. یکی از اثرات شوری خاک، بروز اختلال در تغذیه گیاهان است و معمولاً مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط ریشه، سبب کاهش جذب، انتقال و تجمع یون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم در گیاه می‌شود. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تعدادی از جدایه‌های باکتری *ریزوبیوم* بر غلظت عناصر K، Ca، Na و نسبت K/Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌هایی با شوری مختلف، در شرایط گلخانه‌ای در سال ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با چهار سطح باکتری (*سینوریزوبیوم ملیلوتی*، *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* و شاهد) و سه سطح شوری خاک (دو، شش و ده دسی‌زیمنس بر متر) در سه تکرار انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت عناصر K، Ca و همین‌طور نسبت K/Na کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد داشت. باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* در شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در شوری‌های شش و ده دسی‌زیمنس بر متر بیشترین وزن خشک شاخساره (به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد)، غلظت‌های K، Ca و کمترین غلظت Na در گیاه گندم را ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: تعادل یونی، تلقیح باکتریایی، مقاومت به شوری، نسبت K/Na

مقدمه

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. این مناطق سطح نسبتاً گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی را شامل می‌شود و ایران نیز جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بر اساس آخرین پژوهش‌های انجام شده سطح کل زمین‌های فاریاب ایران حدود هفت میلیون هکتار است که حدود نیمی از آن، یعنی ۳/۵ میلیون هکتار از این زمین‌ها به نحوی، به شوری اولیه و ثانویه و یا هر دو مبتلا می‌باشند (Zabihi et al., 2009). معمولاً آسیب‌های ناشی از شوری خاک را می‌توان به اثرات ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی و اثرات یون ویژه نسبت داد. املاح در ناحیه توسعه ریشه‌ها، پتانسیل اسمزی منفی ایجاد می‌کنند که این امر به کاهش پتانسیل آب در خاک منجر می‌شود. همچنین زمانی که یون‌های Na^+، Cl^- یا SO^{2-} در یاخته‌های گیاهی انباشته شوند، اثرات ویژه یون نیز بروز می‌کند. معمولاً با ایجاد نسبت غیر متقارن Na/K و افزایش غلظت کل نمک‌ها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها رخ می‌دهد که این امر از ساخت پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند و یا زمانی که غلظت زیادی از Na^+ نسبت به Cl^- در کلروپلاست‌ها انباشته شود، عمل فتوسنتز متوقف می‌شود (Kafi et al., 2000).

مقاومت به شوری در گیاهان عمدتاً به توانایی ریشه‌ها برای محدود کردن یا کنترل کردن جذب Na^+ و Cl^- و جذب پیوسته عناصر ضروری به ویژه K^+ و NO_3^- بستگی دارد. در نتیجه برتری جذب K^+ نسبت به Na^+ یک ویژگی مهم به شمار می‌رود که به

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: alakzian@yahoo.com)

تحمل گیاهان به شوری کمک می‌کند (Ashraf et al., 2004). رشد گیاه تحت تأثیر شوری بستگی به سازگاری برای برقراری مجدد تعادل یونی دارد (Nadeem et al., 2006). تلاش‌های زیادی برای کاهش اثرات زیان‌آور شوری صورت گرفته که اغلب این تلاش‌ها روی بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک متمرکز شده است. اخیراً رویکرد زیستی یعنی استفاده از ریزجانداران نیز مورد توجه تعدادی از پژوهشگران قرارگرفته است (Nadeem et al., 2006) . چنین به نظر می‌رسد که روش‌های زیستی هزینه‌های تولید و آسیب‌های زیست-محیطی کمتری را به بوم نظام‌ها تحمیل می‌کند (Bano & Fatima, 2009). کاهش اثرات زیان‌آور تنش شوری در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌ها در پژوهش‌های بسیاری گزارش شده است (Yildirim et al., 2008; Zabihi et al., 2009; Yildirim et al., 2006). یک دسته از باکتری‌های مورد استفاده برای افزایش رشد گیاه، باکتری‌های *ریزوبیوم* هستند. *ریزوبیوم*ها علاوه بر این‌که روابط همزیستی اختصاصی با گیاهان لگوم دارند قادر به افزایش رشد گیاهان غیرلگوم، بدون تشکیل گره‌های حقیقی هستند. این باکتری‌ها می‌توانند از راه تولید هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها، جلوگیری از ساخت اتیلن گیاهی در شرایط تنش، حل کردن فسفات معدنی و افزایش جذب عناصر غذایی رشد گیاهان غیر لگوم را افزایش دهند (Mehboob et al., 2009). بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) در آزمایشی گلخانه‌ای نشان دادند که تلقیح گیاه ذرت (*Zea mays* L.) با باکتری *ریزوبیوم* کارآیی این گیاه را در مقاومت به شوری افزایش داد و گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده در شرایط تنش شوری رشد بهتر و ذی‌توده بالاتری داشتند. همچنین هان و لی (Han & Lee, 2005) گزارش کردند که تلقیح کاهو (*Lactuca sativa* L.) با *ریزوبیوم* اثرات منفی شوری بر رشد و غلظت عناصر را کاهش داد.

هدف از این مطالعه بررسی نقش برخی از باکتری‌های *ریزوبیوم* بر رشد گیاه گندم و تأثیر این باکتری‌ها بر غلظت کاتیون‌هایی مانند پتاسیم، کلسیم و سدیم در گیاه گندم در شوری‌های مختلف بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده در این آزمایش از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد از عمق شخم (۳۰-۰ سانتی‌متر) تهیه و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های این خاک در جدول ۱ آورده شده است. هدایت الکتریکی این خاک کم و برابر با دو دسی‌زیمنس بر متر بود. برای ایجاد سطوح مختلف شوری از آب شور طبیعی با هدایت الکتریکی ده دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک (قبل از شور کردن)

Table 1- Some chemical and physical properties of soil (before salinization)

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Ca ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم K	سدیم Na	فسفر P	نیتروژن کل Total N	آهک $CaCO_3$	کربن آلی OC
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)			(درصد) (%)		
لوم- رسی Clay- loam	7.54	2	9	162	166	12.50	0.04	12.30	0.30

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب شور

Table 2- Chemical properties of saline water

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم K^+	سدیم Na^+	منیزیم Mg^{2+}	کلسیم Ca^{2+}	کلر Cl^-	بیکربنات HCO_3^{-1}	کربنات CO_3^{2-}
		(میلی‌اکی‌والان بر لیتر) ($meq.L^{-1}$)						
6.80	10	9.30	103	16.10	15.40	110	26.60	0

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک (پس از شور کردن)

Table 3- Some chemical properties of soil (after salinization)

سطح شوری Salinity level	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Ca ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم K	سدیم Na
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)	
سطح اول First level	7.92	2	9	162	166
سطح دوم Second level	7.97	6	19.30	176	375
سطح سوم Third level	7.98	10	29.70	191	709

از هر نمونه خاک با شوری مختلف تعداد ۱۲ گلدان یک کیلوگرمی تهیه شد. سپس تعداد پنج گیاهچه گندم رقم پیشتاز (قبلاً بذرهای گندم با هیپوکلرید سدیم سه درصد ضدعفونی و سپس بر روی آب آگار جوانه‌دار شده بودند) داخل هر یک از گلدان‌ها کشت شدند. البته قبل از کشت، گیاهچه‌ها با سوسپانسیون هر یک از باکتری‌ها تلقیح شدند. گیاهان در طی دوره رشد با آب مقطر آبیاری شدند و رطوبت گلدان‌ها در ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه به روش وزنی حفظ شد. سپس گیاهان پس از چهار هفته برداشت شدند.

باکتری‌های استفاده شده در این تحقیق از کلکسیون بیولوژی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و روی محیط کشت YEMA[1] بازکشت شدند. سپس باکتری‌ها روی محیط کشت YEMB[2] تا مرحله فاز ثابت با چگالی نوری ۰/۸ رشد داده شدند. به منظور تلقیح، بذرهای جوانه‌دار درون ظروف پتری با مایه تلقیح آغشته و به مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته شدند.

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل، با چهار سطح باکتری شامل *سینوریزوبیوم ملیلوتی* (*Sinorhizobium meliloti*) (B_1)، *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* (*Bradyrhizobium japonicum*) (B_2) و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* (*Rhizobium legominozarum*) (B_3) و شاهد بدون باکتری (B_0) و سه سطح شوری دو (S_1)، شش (S_2) و ده (S_3) دسی‌زیمنس بر متر در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با میانگین دمای روزانه و شبانه ۳۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت چهار هفته انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. وزن خشک ریشه و شاخساره اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر از روش هضم تر (Richards, 1954) استفاده شد. سدیم و پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج و کلسیم با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو- ۶۷۰ قرائت گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به وسیله نرم‌افزار Mstat-C با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و سطح اطمینان پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان داد که شوری و تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* و برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

به منظور تهیه نمونه‌های خاک با شوری‌های مختلف، مقدار ۱۸ کیلوگرم از این خاک در سه گلدان شش کیلوگرمی به طور مساوی توزیع شد. یکی از گلدان‌ها با همان شوری اولیه به عنوان اولین سطح شوری در نظر گرفته شد و سپس دو گلدان دیگر با مقادیر مختلف آب شور که از چشمه‌ای واقع در روستای امان‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب مشهد) تهیه شده بود، آبیاری شدند. شوری خاک به طور متناوب پایش و پس از حصول شوری‌های شش و ده دسی‌زیمنس بر متر، خاک‌ها مجدداً هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. خصوصیات آب شور اولیه و خصوصیات خاک‌ها پس از شور شدن به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که با افزایش شوری خاک وزن خشک شاخساره و ریشه کاهش یافت. البته میزان کاهش در سطح دوم شوری (S_2) با هدایت الکتریکی شش دسی‌زیمنس بر متر در

1- Yeast extract mannitol agar
2- Yeast extract mannitol broth

مقایسه با تیمار S_1 از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ٤- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه و ریشه گندم تلقیح شده با باکتری‌های *ریزوبیوم* در خاک‌هایی با شوری متفاوت

Table 4- Analysis of variance for shoot and root dry weights of wheat inoculated with rhizobia in different soil salinities

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
شوری Salinity	2	0.073**	0.01**
باکتری Bacteria	3	0.008**	0.007**
شوری × باکتری Salinity× bacteria	6	0.011**	0.013**
خطا Error	24	0.001	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.73	11.42

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at 1% probability level

در حالی‌که وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح سوم شوری (S_3) با هدایت الکتریکی ده دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به تیمار S_1 نشان داد (جدول ۵). در پژوهش‌های دیگری نیز کاهش وزن خشک در اثر افزایش شوری گزارش شده است (Hadi et al., 2008; Zabihi et al., 2009; Abdolzadeh & Saffarie, 2004). یکی از دلایلی که برای این کاهش عنوان گردیده کاهش جذب آب و عناصر غذایی به دلیل بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاهان زیر تنش شوری است (Zabihi et al., 2009).

تأثیر تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر وزن خشک شاخساره و ریشه در سطوح مختلف شوری خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در خاک با هدایت الکتریکی دو دسی‌زیمنس بر متر تلقیح با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باعث بیشترین افزایش در وزن خشک شاخساره و ریشه (به ترتیب ۱۵/۹ و ۷۴/۹ درصد) نسبت به شاهد (B_0) شد، اما در شوری‌های سطح دوم و سوم بیشترین مقدار وزن خشک شاخساره در تلقیح با باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* به دست آمد (به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد). در مورد ریشه نیز در این شوری‌ها، باکتری *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* به ترتیب با ۶۰/۳ و ۶۰/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین مقدار وزن خشک را ایجاد کرد که تفاوت معنی‌دار با تلقیح با *ریزوبیوم لگومینوزاروم* نداشت. باکتری‌های *ریزوبیوم* می‌توانند ریزوسفر ریشه گیاهان غیر لگوم را کلونیزه کنند و مانند باکتری‌های PGPR[1] عمل کرده و از راه‌های مختلفی مانند زیست‌ساخت هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها، افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها، تولید آنزیم ACC[2] دآمیناز، کنترل پاتوژن‌های گیاهی، توان حل‌کنندگی فسفات، تولید سیدروفور و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش رشد ریشه شوند و در نتیجه رشد گیاه را بهبود بخشند و بنابراین به گیاه در تحمل شرایط تنش کمک می‌کنند (Mehboob et al., 2009; Ramezanian Bajgiran, 2005).

تأثیر شوری خاک بر غلظت عناصر در گیاه

با افزایش شوری خاک غلظت یون کلسیم شاخساره کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) در هر دو سطوح شوری S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_1 پیدا کرد (جدول ۶). این نتیجه با مشاهدات سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Hu & Schmidhalter, 1997; Hadi et al., 2008; Hossain et al., 2006). در خاک‌های شور غلظت کلسیم معمولاً با افزایش غلظت کل نمک‌ها افزایش پیدا می‌کند (جدول ۳)، اما جذب کلسیم از محلول خاک به علت واکنش‌های یونی، رسوب و افزایش قدرت یونی که معمولاً با کاهش فعالیت یون Ca^{2+} همراه است، کاهش می‌یابد (Hu & Schmidhalter, 2005; Pessarakli,

1- Plant growth promoting rhizobacteria

2- Aminocycli- propane 1- Carboxylic acid

.(1999

جدول ۵- برهمکنش سطوح شوری و تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر وزن خشک شاخساره و ریشه

Table 5- Interaction of salinity levels and rhizobial bacteria inoculation on shoot and root dry weight

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) Shoot dry weight (g.pot^{-1})				
S_1	0.650^{bcd}	0.753^{a}	0.671^{bc}	0.648^{bcd}	0.680^{A}
S_2	0.633^{bcd}	0.593^{d}	0.684^{b}	0.756^{a}	0.666^{A}
S_3	0.529^{e}	0.504^{e}	0.509^{e}	0.613^{cd}	0.539^{B}
میانگین Mean	**0.604^{B}**	**0.616^{B}**	**0.621^{B}**	**0.672^{A}**	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) Root dry weight (g.pot^{-1})				
S_1	0.202^{def}	0.353^{a}	0.226^{de}	0.185^{ef}	0.241^{A}
S_2	0.180^{ef}	0.195^{def}	0.300^{ab}	0.289^{bc}	0.241^{A}
S_3	0.155^{f}	0.16^{f}	0.249^{bcd}	0.235^{cde}	0.200^{B}
میانگین Mean	**0.179^{B}**	**0.236^{A}**	**0.258^{A}**	**0.236^{A}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

جدول ٦- برهمکنش شوری و تلقیح باکتری برغلظت کلسیم شاخساره گندم

Table 6- Interaction of salinity and rhizobial bacteria inoculation on calcium concentration in wheat shoot

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	غلظت کلسیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot Ca concentration (mg.g^{-1} dry matter)				
S_1	6.33^{c}	6.70^{b}	6.84^{b}	7.04^{a}	6.73^{A}
S_2	6.23^{c}	6.02^{d}	6.01^{d}	6.73^{b}	6.25^{B}
S_3	5.79^{e}	5.79^{e}	5.49^{f}	6.04^{d}	5.75^{C}
میانگین Mean	**6.12^{B}**	**6.14^{B}**	**6.11^{B}**	**6.60^{A}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

غلظت پتاسیم شاخساره با افزایش شوری روند کاهشی داشت که این کاهش نسبت به تیمار S_1 معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۷). نتایج بسیاری از تحقیق‌ها کاهش غلظت پتاسیم در گیاهانی که در شرایط شوری رشد می‌کنند را تأیید می‌کند (Hadi et al., 2008; Hossain et al., 2006; Abdolzadeh & Saffarie, 2004). کاهش غلظت یون پتاسیم در شاخساره گیاه گندم به دلیل افزایش غلظت سدیم خاک در نتیجه تنش شوری و رقابت یون پتاسیم با این یون برای جذب به وسیله گیاه می‌باشد، زیرا رابطه آنتاگونیستی بین این دو یون در جذب توسط گیاه وجود دارد (Khan et al., 2009; Kafi et al., 2009).

بر خلاف کلسیم و پتاسیم، با افزایش شوری خاک میانگین غلظت سدیم شاخساره افزایش معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به شاهد یافت (جدول ۷). افزایش غلظت سدیم در بافت‌های گیاهی یکی از نتایج اولیه تنش شوری است (Hadi et al., 2008). با افزایش شوری خاک نسبت Na/K در محلول خاک و به دنبال آن جذب سدیم به وسیله گیاه افزایش می‌یابد (Kafi et al., 2009). این نتیجه با یافته-

های سایر پژوهشگران نیز مطابقت دارد (Mayak et al., 2004; Yao et al., 2010). یکی از معیارهای فیزیولوژیکی که برای مقاومت به شوری در نظر گرفته می‌شود نسبت K/Na است و این نسبت می‌تواند به عنوان شاخصی برای مقاومت به شوری در گیاهان به ویژه غلات که نقش زیادی در تأمین غذای جمعیت رو به رشد بشر دارند در نظر گرفته شود (Morant Manceau et al., 2004). بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۷) افزایش شوری خاک سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) این نسبت در شاخساره گیاه گندم شد که این می‌تواند نشان‌دهنده کاهش مقاومت گیاهان به تنش شوری باشد.

تأثیر تلقیح باکتری‌ها بر غلظت عناصر در گیاه

تأثیر تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت عناصر کلسیم، پتاسیم و سدیم و همچنین نسبت K/Na در شاخساره گیاه گندم، در سطوح مختلف شوری خاک در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تلقیح باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* (B_3) در هر سه سطح شوری سبب افزایش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) میانگین غلظت کلسیم شاخساره نسبت به تیمار شاهد (B_0) شد. افزایش غلظت کلسیم در گیاهان تلقیح شده می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌ها بر رشد گیاه و افزایش توان گیاه در جذب عناصر غذایی باشد (Han & Lee, 2005). نتایج آزمایش وو (Wu, 2009) که در شرایط شور انجام شد نشان داد که آزمایشی در مزرعه که تلقیح باکتری *سودوموناس* سبب افزایش ۶۰ درصدی غلظت کلسیم در بافت گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) شد. همچنین بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های *سودوموناس* و *ریزوبیوم* غلظت کلسیم را در برگ‌های گیاه ذرت در شرایط تنش شوری افزایش داد، اما خودیر و همکاران (Khodair et al., 2008) و اشرف و همکاران (Ashraf et al., 2006) پس از تلقیح گیاه گندم با باکتری‌های تولید کننده پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای کاهش غلظت کلسیم را در شاخساره مشاهده کردند و علت این کاهش را پیوند کلسیم با پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای این باکتری‌ها در خاک ریزوسفر اعلام کردند.

جدول ۷- برهمکنش شوری و تلقیح باکتری برغلظت پتاسیم، سدیم و نسبت K/Na در شاخساره

Table 7- Interaction of salinity and rhizobial bacteria inoculation on concentration of potassium, sodium and K/Na ratio in wheat shoot

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	غلظت پتاسیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot K concentration (mg.g $^{-1}$ dry matter)				
S_1	70.75^{bc}	75.77^{a}	71.46^{b}	71.49^{b}	72.32^{A}
S_2	65.88^{e}	64.13^{f}	68.54^{d}	68.88^{cd}	66.86^{B}
S_3	56.72^{h}	56.48^{h}	57.64^{h}	60.41^{g}	57.81^{C}
میانگین Mean	**64.39^{C}**	**65.46^{B}**	**65.88^{B}**	**66.93^{A}**	
	غلظت سدیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot Na concentration (mg.g $^{-1}$ dry matter)				
S_1	1.41^{i}	1.08^{g}	1.53^{i}	1.64^{i}	1.41^{C}
S_2	2.41^{d}	2.39^{d}	2.06^{e}	2.01^{e}	2.22^{B}
S_3	3.89^{a}	3.73^{a}	3.25^{b}	2.90^{c}	3.44^{A}
میانگین Mean	**2.57^{A}**	**2.40^{B}**	**2.28^{BC}**	**2.18^{C}**	
	نسبت K/Na شاخساره Shoot K/Na ratio				
S_1	50.4^{b}	70.3^{a}	46.8^{c}	43.7^{c}	52.8^{A}
S_2	27.4^{e}	26.9^{e}	33.5^{d}	34.4^{d}	30.5^{B}
S_3	14.6^{g}	15.2^{g}	17.7^{fg}	21.1^{f}	17.2^{C}
میانگین Mean	**30.8^{C}**	**37.4^{A}**	**32.7^{BC}**	**33.1^{B}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

اگر چه باکتری‌ها در شوری‌های مختلف به گونه‌ای متفاوت عمل کردند، ولی تلقیح باکتری‌ها در سطوح مختلف شوری خاک سبب افزایش غلظت پتاسیم شاخساره نسبت به تیمار بدون تلقیح شد (جدول ۷). بیشترین میانگین غلظت پتاسیم شاخساره مربوط به باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و شوری S_1 (دو دسی‌زیمنس بر متر) بود. بدین‌ترتیب، به نظر می‌رسد که مؤثرترین باکتری در این شوری باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* بوده است، در حالی‌که در شوری‌های S_2 (شش دسی‌زیمنس بر متر) و S_3 (ده دسی‌زیمنس بر متر) تلقیح باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* بیشترین غلظت پتاسیم را در شاخساره گیاه گندم ایجاد کرد. احتمالاً مکانیسمی که باعث این افزایش شده است نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR[1]) بوده که با تولید هورمون‌های گیاهی سبب توسعه سیستم ریشه و افزایش جذب می‌شوند (Rasipour & Ali Asgharzade, 2007). افزایش غلظت پتاسیم در گیاه ذرت تلقیح شده با باکتری‌های *سودوموناس و ریزوبیوم* در خاک شور به وسیله بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) گزارش شده است.

با توجه به جدول ۷ با افزایش شوری خاک میانگین غلظت سدیم شاخساره نیز افزایش یافت، اما تلقیح باکتری‌ها تا حدودی از تأثیر شوری بر افزایش غلظت سدیم کاسته است و غلظت سدیم را نسبت به تیمار بدون تلقیح به طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) کاهش داده است. به این صورت که در خاک با شوری S_1، *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باکتری مؤثر در کاهش غلظت سدیم در گیاه بود (۲۳/۳ درصد کاهش نسبت به شاهد)، اما با افزایش شوری خاک این باکتری تأثیری بر غلظت سدیم شاخساره نداشت. در حالی‌که باکتری‌های *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) میانگین غلظت سدیم در شوری‌های S_2 و S_3 شدند. مقدار کاهش غلظت سدیم در نتیجه تلقیح با باکتری‌های *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* به ترتیب ۱۴/۶ و ۱۶/۵ درصد در شوری S_2 و ۱۶/۴ و ۲۵/۵ درصد در شوری S_3 بود. باکتری‌های PGPR یون‌های معدنی به ویژه سدیم را در ریشه نگه می‌دارند و از انتقال آن‌ها به اندام هوایی گیاه جلوگیری می‌کنند (Yildirim et al., 2008). همچنین تولید پلی‌ساکاریدهای برون‌یاخته‌ای به وسیله باکتری‌های تلقیح شده در ریزوسفر سبب افزایش خاکدانه‌سازی در این ناحیه می‌شود و بخش بزرگتری از ریشه با پوسته‌های خاک پوشانده می‌شود که به این دلیل جریان غیرفعال سدیم به سمت استوانه مرکزی که از مسیر آپوپلاسمی صورت می‌گیرد کاهش می‌یابد (Ashraf et al., 2004; Khodair et al., 2008).

نسبت K/Na شاخساره در گیاهان تلقیح شده به گونه‌ای معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش یافت (جدول ۷). بالاترین نسبت K/Na شاخساره در گیاهان تلقیح شده با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* در شوری S_1 مشاهده شد، اما با افزایش شوری خاک تأثیر این باکتری در افزایش نسبت K/Na کاهش یافت به طوری‌که در شوری‌های S_2 و S_3 نسبت K/Na در این تیمار تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون تلقیح نداشت، اما در شوری‌های S_2 و S_3 باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* مؤثرترین باکتری در افزایش نسبت K/Na بود. با توجه به این‌که تیمارهایی که نسبت K/Na بالاتری داشتند، وزن خشک بیشتری نیز نشان دادند، به طوری‌که با افزایش این نسبت مقاومت گیاه گندم به شوری افزایش پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت Ca، K و نسبت K/Na شاخساره کاهش یافت. همچنین غلظت سدیم شاخساره افزایش یافت. تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* تأثیر منفی شوری بر صفت‌های گفته شده را کاهش داد. طبق نتایج بالاترین وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت پتاسیم و نسبت K/Na شاخساره در خاک با هدایت الکتریکی دو دسی‌زیمنس بر متر مربوط به تیمار باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و در خاک‌های با هدایت الکتریکی شش و ده دسی‌زیمنس بر متر، مربوط به باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* بود. همچنین باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در تمام سطوح شوری بالاترین غلظت کلسیم را در شاخساره نسبت به شاهد ایجاد کرد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که از میان باکتری‌های مورد آزمایش باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در خاک‌های شور به طور مؤثرتری آثار منفی شوری بر گیاه را کاهش می‌دهد و سبب ایجاد مقاومت بیشتری به شوری در گیاه گندم می‌شود.

1- Plant growth promoting rhizobacteria

منابع

Abdolzadeh, A., and Saffarie, N. 2004. Study of salinity effect on growth and accumulation ions in promissing wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 114-127. (In Persian with English Summary)

Ashraf, M., Hasnain, S., and Berge, O. 2006. Effect of exo-polysaccharides producing bacterial inoculation on growth of roots of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in a salt-affected soil. International Journal of Environmental Technology and Management 3(1): 43-51.

Ashraf, M., Hasnain, S., Berge, O., and Mahmood, T. 2004. Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress. Biology and Fertility of Soils 40: 157-162.

Bano, A., and Fatima, M. 2009. Salt tolerance in (*Zea mays* L.) following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. Biology and Fertility of Soils 45: 405-413.

Hadi, M.R., Khosh Kholgh Sima, N.A., Khavarinejad, R., and Kiyam Nekoie, S.M. 2008. The effect of elements accumulation on salinity tolerance in seven genotype durum wheat (*Triticum turgidum* L.) collected from the Middle East. Iranian Journal of Biology 21(2): 326-340. (In Persian with English Summary)

Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.

Hossain, A.A., Halim, M.A., Hossain, F., and Meher Niger, M.A. 2006. Effect of NaCl salinity on physiological characters of wheat (*Triticum aestivum* L.). Bangladesh Journal of Botany 35(1): 9-15.

Hu, Y., and Schmidhalter, U. 1997. Interactive effect of salinity and macronutrient level on wheat. II. Composition. Journal of Plant Nutrition 20(9): 1169-1182.

Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition of Soil Science 168: 541-549.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plant. Mashhad Academic Jihad Press, Mashhad, Iran 504 pp. (In Persian)

Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharif, H.R., and Goldani, M. 2000. Plant Physiology. Mashhad Academic Jihad Press, Mashhad, Iran 365 pp. (In Persian)

Khan, M.A., Shirazi, M.U., Khan, M.A., Mujtaba, S.M., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R.U., and Yasin Ashraf, M. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(2): 633-638.

Khodair, T.A., Galal, G.F., and El-Tayeb, T.S. 2008. Effect of inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria in saline soil. Journal of Applied Sciences Research 4(12): 2065-2070.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.

Mehboob, I., Naveed, M., and Zahir, Z.A. 2009. Rhizobial association with non-legumes: mechanisms and applications. Critical Reviews in Plant Science 28: 432-456.

Morant Manceau, A., Pradier, E., and Tremblin, G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology 161: 25-33.

Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M., Arshad, M., and Shahzad, S.M. 2006. Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. Soil and Environment 25(2): 78-84.

Pessarakli, M. 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. 2nd Ed. CRC Press. 1254 pp.

Ramezanian Bajgiran, A. 2005. The role of ACC deaminase containing Rhizobia in reducing bad effects of stress ethylene in wheat plant. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Rasipour, L., and Ali Asgharzade, N. 2007. Interaction effects of phosphate solubilizing bacteria and (*Bradyrhizobium japonicum*) on growth indexes, nodulation and uptake of some nutrients in soybean. Journal of

Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40: 53-63. (In Persian with English Summary)

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA Agriculture hand book. No. 60. Washington.

Wu, S.S. 2009. Enhanced phytoremediation of salt impacted soils using plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). MSc Thesis, University of Waterloo, Canada.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49-54.

Yildirim, E., Taylor, A.G., and Spittler, T.D. 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. Scientia Horticulturae 111: 1-6.

Yildirim, E., Turan, M., and Donmez, M. 2008. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. Rumanian Biotechnological Letters 13(5): 3933-3943.

Zabihi, H.R., Savaghebi, G.R., Khavazi, K., and Ganjali, A. 2009. Effect of application of *Pseudomonas fluorescents* on yield and yield components of wheat under different soil salinity levels. Journal of Water and Soil 23(1): 199-208. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 156-167

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۶۷-۱۵۶

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker)

سید محمد سیدی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، روشنک شهریاری[۱] و مسعود آزاد[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۳

چکیده

کرچک (*Rricinus communis* L.) یک گیاه سمی می‌باشد که از پتانسیل کافی جهت کاربرد در علف‌کش‌های زیستی برخوردار است. به منظور بررسی اثرات دگرآسیبی اندام‌های کرچک بر جوانه‌زنی و رشد گیاه سس (*Cuscuta campestris* Yuncker)، سه آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. آزمایش اول دارای دو عامل اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در ۱۱ سطح (صفر، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت، هشت، نه و ده درصد) در پتری‌دیش، آزمایش دوم دارای دو عامل اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) در گلدان و آزمایش سوم دارای دو عامل بقایای اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و دوره‌های پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز شاهد) بود. نتایج آزمایش اول و دوم نشان داد که عصاره‌های آبی اثر معنی‌داری بر وزن خشک، طول گیاهچه و جوانه‌زنی سس داشتند. همچنین دوره‌های پوسیدگی اثر معنی‌داری را بر این صفات نشان دادند. در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر این صفات داشت، به طوری‌که در دوره‌های صفر تا ۴۵ روز پوسیدگی به طور کامل از سبز شدن سس جلوگیری کرد. با توجه به این‌که کنترل این علف‌هرز انگلی تنها به وسیله رهیافت‌های تلفیقی مدیریت علف‌های‌هرز در دراز مدت امکان‌پذیر است، استفاده از توانایی آللوپاتی کرچک می‌تواند به عنوان یک رهیافت در این سیستم‌های مدیریتی مطرح باشد.

واژه‌های کلیدی: برگ، دوره‌های پوسیدگی، ریشه، ساقه، علف‌هرز انگل، مواد دگرآسیب

مقدمه

سس با نام علمی *Cuscutsa campestris* Yuncker گیاهی است یک‌ساله که به خانواده پیچک (Cuscutaceae) تعلق دارد. سس یک گیاه انگل غیراختصاصی[۳] روی سطح خاک است که از طریق اندام‌های مکنده خود به بافت‌ها و سیستم آوندی گیاه میزبان نفوذ کرده و به علت بهره‌برداری از آب، مواد معدنی و مواد فتوسنتزی، باعث کاهش رشد گیاه میزبان شده (Lanini & Kogan, 2005; Nadler-Hassar & Rubin, 2007) و بسته به گیاه میزبان می‌تواند عملکرد آن را بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش دهد (Rashed Mohasel et al., 2002). به دلیل ماهیت اتصال و ارتباط سس با گیاه میزبان، کنترل کامل سس با روش‌های شیمیایی به ندرت امکان‌پذیر است (Lanini & Kogan, 2005). همچنین به دلیل افزایش نگرانی‌های محیطی در استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، تلاش‌های قابل ملاحظه‌ای در طراحی روش مدیریت جایگزین علف‌های‌هرز شکل گرفته است (Bhowmik & Inderjit, 2003; Gliessman, 2001). بر این اساس با توجه به مشکلاتی که علف‌کش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های‌هرز به همراه دارند، استفاده از توانایی دگرآسیبی گیاهان زراعی به عنوان روش جایگزین شناخته می‌شود (Gliessman, 2001).

دگرآسیبی یکی از روابط مستقیم تداخل بین گیاهان بوده

۱ و ۲- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

3- Holoparasite

(Jarchow & Cook, 2009) و به طور کلی بر اساس تولید ترکیبات بیوشیمیایی پیچیده و سمی بیان می‌شود (Morris et al., 2009). خاصیت دگرآسیبی گیاهان می‌تواند به طوری موفق به عنوان ابزاری جهت کاهش جمعیت علف‌های‌هرز مورد استفاده قرار گیرد (Xuan et al., 2005). با توجه به این‌که نگرانی‌های اکولوژیکی و زیست-محیطی که با مصرف علف‌کش‌های شیمیایی به وجود آمده است، منجر به افزایش توجه به کشاورزی ارگانیک شده است (Narwal, 2010) و همچنین به دلیل عدم استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی در نظام‌های ارگانیک (Wallace, 2001)، معرفی علف‌کش‌های زیستی جهت کنترل علف‌های‌هرز می‌تواند توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را امکان‌پذیر کند (Machado, 2007). بنابراین، روش دگرآسیبی می‌تواند به طور موفق در برنامه‌هایی که بر پایه اصول کشاورزی زیستی طراحی شده‌اند به کار گرفته شود (Roohi et al., 2010; Narwal, 2010).

در راستای نقش و اهمیت دگرآسیبی جهت کنترل علف‌های‌هرز (Bhowmik & Inderjit, 2003)، می‌توان به کرچک (*Rricinus communis* L.) اشاره کرد که از گیاهان سمی بوده و پتانسیل استفاده از سموم آن در علف‌کش‌های زیستی وجود دارد (Mohsenzadeh et al., 2008). ریسین[1] که یک لکتین گیاهی[2] بوده و یکی از مهم‌ترین و کشنده‌ترین سموم گیاهی است که تاکنون شناخته شده است، از جمله مواد دگرآسیبی است که در این گیاه وجود دارد (Doan, 2004; Aslani et al., 2007). محسن‌زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008) گزارش کردند که عصاره برگ و میوه کرچک با غلظت ۲/۵ درصد، به طور معنی‌داری جوانه‌زنی گندم (*Triticum aestivum* L.) و لوبیای چشم بلبلی (*Vigna radiata* L.) را کاهش داد. همچنین این محققین بیان کردند که این عصاره می‌تواند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم و نیز طول محور زیر لپه و بالای لپه لوبیای چشم بلبلی و نیز وزن خشک آن‌ها را کاهش دهد. از سویی دیگر، این محققین اظهار داشتند که عصاره آبی برگ و میوه کرچک دارای فعالیت‌های ضدقارچی می‌باشد. یوپاسانی و همکاران (Upasani et al., 2003) کرچک را به عنوان یک گیاه دارای فعالیت‌های حشره‌کشی گزارش کردند و این فعالیت‌ها را به فلاونوییدها[3] که از جمله متابولیت‌های ثانویه مهم در این گیاه می‌باشد، نسبت دادند.

بر این اساس، با توجه به پتانسیل گیاه کرچک جهت استفاده در علف‌کش‌های زیستی (Mohsenzadeh et al., 2008) و نیز با توجه به اهمیت سس به عنوان یک علف‌هرز که انگل بسیاری از گیاهان زراعی است (Lanini & Kogan, 2005)، این تحقیق به منظور بررسی اثرات آللوپاتی کرچک بر جوانه‌زنی و رشد این علف‌هرز صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه و بررسی اثرات آللوپاتی اندام‌های مختلف کرچک بر جوانه‌زنی و رشد سس در سه آزمایش جداگانه به شرح زیر و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد.

آزمایش اول: هدف از اجرای این آزمایش و نیز آزمایش دوم بررسی تأثیر عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک در غلظت‌های مختلف بر جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه سس در شرایط کاشت در پتری‌دیش و گلدان بود. عوامل مورد بررسی در این آزمایش، عصاره آبی اندام‌های مختلف کرچک (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل آذین) در ۱۱ سطح (صفر، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت، هشت، نه و ده درصد) بودند. به طور کلی، از آن‌جا که همزمان با شروع مرحله پر شدن دانه، بیشترین غلظت مواد دگرآسیب در اندام‌های هوایی وجود دارد (Orouji et al., 2008)، به منظور تهیه عصاره آبی کرچک، نمونه‌های گیاه مورد نظر در پایان مرحله گلدهی و شروع پر شدن دانه از مزرعه جمع‌آوری شدند. آنالیز خاک مزرعه‌ای که کرچک از آن جمع‌آوری شد در جدول ۱ آمده است:

پس از جمع‌آوری کرچک از مزرعه ابتدا ریشه، ساقه، برگ و نیز گیاه کامل بدون گل‌آذین به صورت جداگانه در سایه و با جریان هوا خشک و سپس آسیاب شدند. به منظور تهیه محلول مادر[4]، ده گرم از پودر هر قسمت از گیاه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و هر شش ساعت به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد.

1- Ricin
2- Plant lectin
3- Flavonoids
4- Stock solution

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان و خاک مزرعه کرچک

Table 1- Physical and chemical properties of pot and field soils used in experiment

نمونه خاک Soil sample	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن (درصد) N (%)
گلدان Pot	لومی- سیلتی Silty-loam	1.86	6.82	0.097	125.55	12.75	0.08
مزرعه Field	لومی- سیلتی Silty-loam	1.1	7.76	0.090	120	0.07	0.07

پس از ۷۲ ساعت محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و جهت تهیه محلول‌هایی با غلظت‌های صفر درصد، یک درصد، دو درصد، سه درصد، چهار درصد، پنج درصد، شش درصد، هفت درصد، هشت درصد، نه درصد و ده درصد، به ترتیب با نسبت‌های صفر به ده (صفر میلی‌لیتر محلول مادر و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، یک به نه، دو به هشت، سه به هفت، چهار به شش، پنج به پنج، شش به چهار، هفت به سه، هشت به دو، نه به یک و ده به صفر با آب مقطر مخلوط شد. محلول مادر به عنوان غلظت ده درصد و آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

به منظور شکستن خواب بذرهای سس (جوانه‌زنی حدود سه درصد)، این بذرها پس از جمع‌آوری از روی گیاه سیب‌زمینی به عنوان میزبان و جدا کردن بذرهای سالم از توده بذری توسط دستگاه بینی کولار[1]، به مدت ۲۰ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ با غلظت ۹۸ درصد قرار داده شد (درصد جوانه‌زنی پس از اعمال تیمار حدود ۸۳ درصد). چهار میلی‌لیتر از عصاره آبی هر غلظت به صورت جداگانه به پتری‌دیش‌های دارای کاغذ صافی اضافه و سپس تعداد ۲۰ عدد بذر سس در هر یک از آن‌ها کاشته شد. پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Benvenuti et al., 2005).

آزمایش دوم: عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل، اندام‌های مختلف کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و عامل دوم آزمایش، غلظت‌های مختلف عصاره آبی هر اندام در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) بود. جهت تهیه عصاره‌های آبی با غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد، محلول‌های اندام‌های مورد نظر همانند آزمایش اول پس از عبور از صافی به ترتیب با نسبت‌های صفر به ده، ۲/۵ به ۷/۵، پنج به پنج، ۷/۵ به ۲/۵ و ده به صفر با آب مقطر مخلوط شد. بذرهای سس پس از جداسازی از توده بذری و شکسته شدن خواب به تعداد ده عدد در هر گلدان کاشته شد و سپس عصاره‌های آبی به تفکیک تیمارها به خاک گلدان‌ها اضافه شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک گلدان‌های مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

آزمایش سوم: این آزمایش با هدف بررسی تأثیر بقایای اندام‌های کرچک بر سبز شدن و رشد گیاهچه سس صورت گرفت. عامل اول این آزمایش، اندام‌های مختلف کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و عامل دوم، دوره‌های مختلف پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز تیمار شاهد) بود. نمونه‌های گیاهی به طور جداگانه پس از آسیاب به نسبت پنج درصد وزنی با خاک گلدان‌ها مخلوط گردید و بر حسب دوره‌های ذکر شده و تا زمان کاشت گیاهچه‌های سس، این گلدان‌ها در فضای آزاد نگهداری شدند. همچنین به منظور سپری شدن روند طبیعی پوسیدگی، بسته به نیاز آبیاری گلدان‌ها به طور همزمان انجام شد. سپس به منظور اعمال دوره‌های پوسیدگی به ترتیب صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از اضافه کردن بقایا، تعداد ده عدد بذر سس همانند دو آزمایش قبلی پس از جدا کردن توده بذری و شکستن خواب، در گلدان‌ها کاشته شد. تیمار عدم اضافه کردن بقایا به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. گلدان‌های مربوط به آزمایش دوم و سوم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها بسته به نیاز با آب مقطر انجام شد.

شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده (در آزمایش اول) و سبز شده (آزمایش دوم و سوم) ۲۴ ساعت پس از کاشت بذرها آغاز و تا زمان ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده یا سبز شده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس (تا ۱۳ روز برای آزمایش اول و تا ۱۵ روز برای آزمایش دوم و سوم) به طور مرتب جهت تعیین درصد،

1- Binocular

سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی جهت آزمایش اول و درصد، سرعت و متوسط زمان سبز شدن جهت آزمایش دوم و سوم انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی (یا سبز شدن)[1]، متوسط زمان جوانه‌زنی[2] و متوسط زمان سبز شدن[3] به ترتیب از معادله‌های (۱)، (۲) و (۳) استفاده شد (Roohi et al., 2010; Mattews & Khajeh Hosseini, 2006; Deines et al., 2007; Benvenuti et al., 2005):

معادله (۱)
$$GR\ (or\ Er) = \sum_{i=1}^{n} \frac{ni}{di}$$

Gr (or Er): سرعت جوانه‌زنی یا سبز شدن (یک بر روز)، n_i: تعداد بذرهای جوانه‌زده در اولین روز شمارش، n_n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در آخرین روز شمارش، d_i: اولین روز شمارش و d_n: آخرین روز شمارش

معادله (۲)
$$MGT = \frac{\sum_{i=1}^{x} NiTi}{\sum_{i=1} Ni}$$

N: تعداد بذور جدید جوانه زده، T: تعداد روز جوانه‌زنی و MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی

معادله (۳)
$$MET = \frac{\sum_{i=1}^{x} NiTi}{\sum_{i=1} Ni}$$

N: تعداد گیاهچه سبز شده، T: تعداد روز سبز شدن و MET: متوسط زمان سبز شدن

طول گیاهچه‌ها با خطکش و وزن خشک آن‌ها پس از آن‌که به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. همچنین با ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده یا سبز شده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس در هر سه آزمایش، تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال (گیاهچه‌های فاقد رشد کافی و یا دارای رشد غیرطبیعی) نیز اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌های هر سه آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار MS-Excel انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

1- Germination or emergence rate
2- Mean germination time
3- Mean emergence time

نتایج و بحث

آزمایش اول: عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر کاهش درصد جوانه‌زنی داشتند (جدول ۲). بیشترین کاهش در درصد جوانه‌زنی در غلظت نه درصد عصاره آبی برگ بود. به طوری‌که میزان جوانه‌زنی را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. بعد از آن غلظت نه درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی ریشه با ۶۰/۰۱ و ۵۶ درصد کاهش نسبت به شاهد، بیشترین تأثیر معنی‌دار و غلظت هشت درصد عصاره آبی برگ با ۱۶ درصد کاهش نسبت به شاهد، کمترین تأثیر معنی‌دار را ایجاد کردند.

کاهش درصد جوانه‌زنی ناشی از مواد دگرآسیب ممکن است به علت اثرات منفی این مواد بر انتقال و حرکت مواد ذخیره‌ای[4] و تولید انرژی در مرحله کاتابولیک[5] جوانه‌زنی باشد. در این ارتباط کوپیدلوسکا و همکاران (Kupidłowska et al., 2006) گزارش کردند که تخریب لیپیدها[6] به وسیله مواد دگرآسیب و در نتیجه عدم تأمین یا تأمین ناکافی کربوهیدرات‌ها[7] و نیز انرژی (ATP)، باعث اختلال در مرحله آنابولیک[8] جوانه‌زنی و در نتیجه کاهش یا شکست جوانه‌زنی می‌شود.

سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی بذر سس نیز تحت تأثیر اندام‌های کرچک قرار گرفت (جدول ۲). غلظت نه درصد عصاره آبی برگ، بیشترین اثر معنی‌دار را بر سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی نشان داد. به طوری‌که سرعت جوانه‌زنی را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد (صفر بذر در روز) کاهش داد. پس از آن غلظت هفت و پنج درصد عصاره آبی برگ به ترتیب با ۶۹/۶ و ۵۷/۲ درصد کاهش، بیشترین اثر معنی‌دار را بر سرعت جوانه‌زنی داشتند. غلظت هفت درصد عصاره آبی ریشه با ۲۹/۹۶ کاهش، کمترین اثر معنی‌دار را بر سرعت جوانه‌زنی ایجاد کرد.

عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر افزایش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند (جدول ۲). غلظت‌های عصاره آبی گیاه کامل، بیشترین افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و غلظت‌های عصاره آبی ریشه، کمترین افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) را بر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند.

4- Reserve mobilization
5- Catabolic phase
6- Degeneration of lipids
7- Insufficient carbohydrate supply
8- Anabolic phase

جدول ۲- اثرات عصاره آبی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه گیاه سس در پتری‌دیش

Table 2- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on studied traits of dodder in Petri dishes

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز) Germination rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)
R-0*	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
R-1	0.34^{l}	$63.33^{cdefghi}$	$3.85^{cdefghij}$	$3.95^{bcdefghi}$
R-2	0.68^{kl}	68.33^{bcdefg}	5.83^{a}	2.81^{j}
R-3	0.68^{kl}	53.33^{hijk}	$3.05^{hijklmn}$	4.18^{bcdefg}
R-4	1.68^{ijk}	$63.33^{cdefghi}$	4.31^{bcdefg}	3.40^{ghij}
R-5	0.01^{l}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.87^{cdefghij}$	$3.90^{cdefghi}$
R-6	3.34^{fgh}	78.33^{ab}	4.61^{bcd}	$3.91^{cdefghi}$
R-7	0.01^{l}	56.67^{fghij}	$3.17^{fghijklmn}$	4.22^{bcdefg}
R-8	2.68^{l}	61.67^{defghi}	$3.94^{cdefghi}$	$3.82^{defghij}$
R-9	1.34^{jkl}	53.33^{hijk}	2.59^{jklmn}	4.71^{bcd}
R-10	4.68^{de}	36.67^{m}	2.44^{klmno}	3.28^{ghij}
S-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
S-1	0.34^{l}	78.33^{ab}	5.31^{ab}	$3.71^{defghij}$
S-2	3.01^{gh}	$65.00^{bcdefgh}$	4.63^{bcd}	3.24^{ghij}
S-3	2.34^{hij}	71.67^{abcde}	4.54^{bcd}	4.24^{bcdefg}
S-4	3.01^{gh}	73.33^{abcde}	4.84^{abc}	3.44^{efghij}
S-5	2.68^{ghi}	60.00^{efghi}	4.42^{bcdef}	3.04^{hij}
S-6	3.34^{fgh}	50.00^{ijkl}	$2.91^{hijklmn}$	$3.99^{bcdefgh}$
S-7	3.34^{fgh}	56.67^{fghij}	$4.20^{bcdefgh}$	2.93^{ij}
S-8	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	$4.02^{bcdefgh}$	3.54^{efghij}
S-9	4.01^{efg}	33.33^{m}	2.13^{mno}	3.53^{efghij}
S-10	3.68^{efgh}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.22^{efghijklm}$	4.15^{bcdefg}
L-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
L-1	1.01^{kl}	61.67^{defghi}	4.71^{abcd}	2.78^{j}
L-2	1.01^{kl}	51.67^{hijkl}	$3.42^{efghijkl}$	3.32^{ghij}
L-3	1.34^{jkl}	55.00^{ghijk}	$3.49^{efghijkl}$	3.52^{efghij}
L-4	1.68^{ijk}	61.67^{defghi}	$3.59^{efghijk}$	$4.07^{bcdefgh}$
L-5	3.68^{efgh}	43.33^{klm}	1.93^{no}	4.64^{bcd}
L-6	3.68^{efgh}	76.67^{abc}	5.30^{ab}	3.08^{hij}
L-7	3.68^{efgh}	40.00^{lm}	1.37^{o}	6.10^{a}
L-8	4.34^{ef}	70.00^{bcdef}	4.43^{bcdef}	3.52^{efghij}
L-9	0.01^{l}	0.00^{n}	0.00^{p}	0.00^{k}
L-10	6.34^{bc}	$65.00^{bcdefgh}$	4.33^{bcdefg}	3.46^{efghij}
T-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
T-1	0.68^{kl}	61.67^{defghi}	$3.83^{cdefghij}$	$3.71^{defghij}$
T-2	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	4.42^{bcdef}	3.32^{ghij}
T-3	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	3.90^{cdeghi}	$4.01^{bcdefgh}$
T-4	2.68^{ghi}	$65.00^{bcdefgh}$	$4.07^{bcdefgh}$	3.53^{efghij}
T-5	4.34^{ef}	45.00^{jklm}	2.47^{klmno}	4.26^{bcdefg}
T-6	7.01^{b}	73.33^{abcde}	$3.76^{cdefghij}$	4.41^{bcdef}
T-7	8.34^{a}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.45^{defghijkl}$	4.47^{bcde}
T-8	6.01^{bc}	75.00^{abcd}	$3.76^{cdefghij}$	4.49^{bcde}
T-9	5.68^{cd}	51.67^{hijkl}	2.29^{lmno}	4.99^{b}
T-10	6.68^{bc}	61.67^{defghi}	2.70^{ijklmn}	4.89^{bc}

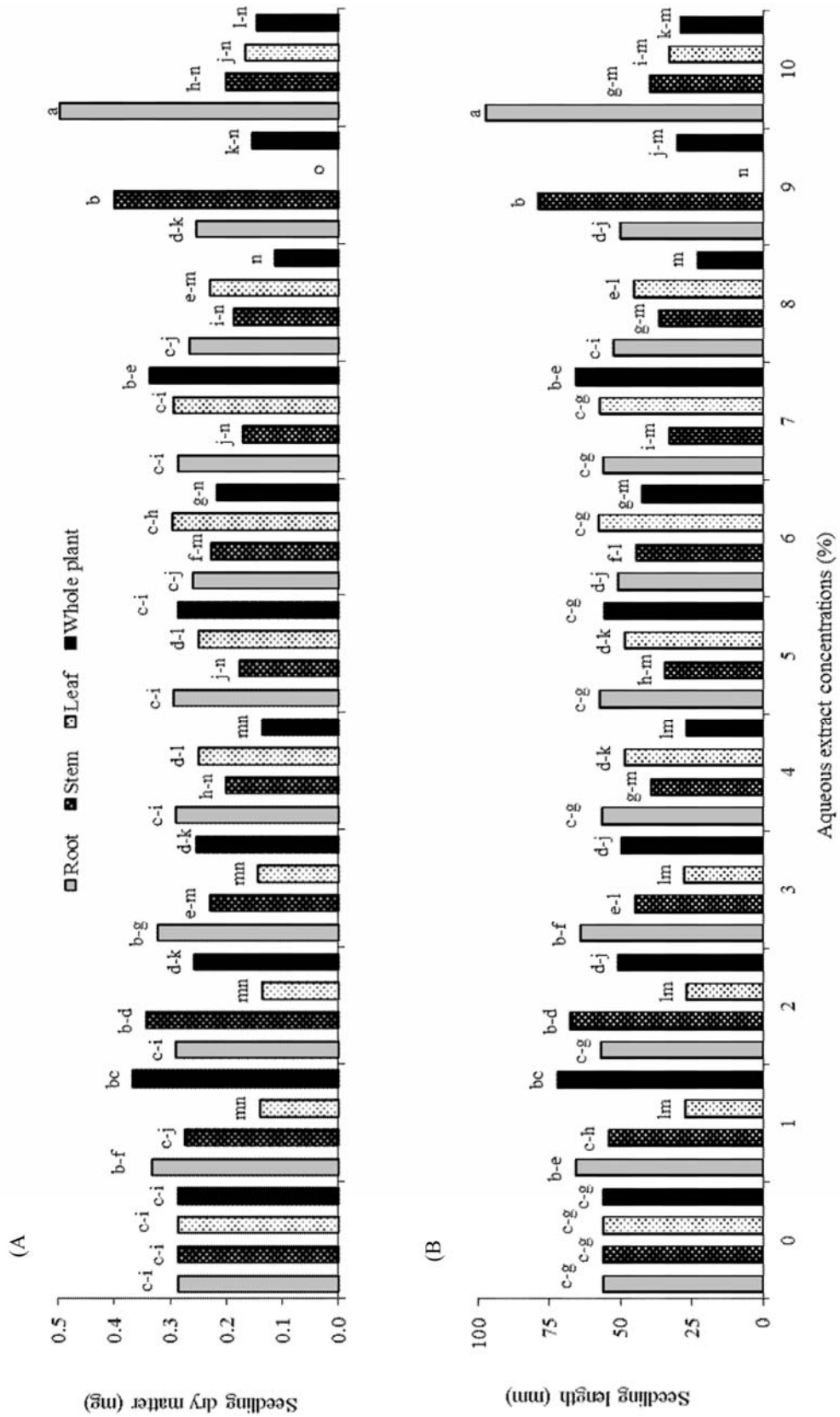
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ده: عصاره‌های آبی در سطح صفر تا ده درصد

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 10%

در بین تیمارهای این آزمایش، غلظت هفت درصد گیاه کامل با ۸۳۴ بیشترین و غلظت چهار درصد ریشه و برگ با ۱۶۸ درصد کمترین افزایش معنی‌دار را نسبت به شاهد ایجاد کردند.



شکل ۱- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در پتری‌دیش B)

Fig. 1- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in Petri dishes (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری را در کاهش وزن خشک گیاهچه‌های سس نشان دادند. در بین غلظت‌های اندام‌های مختلف، غلظت نه درصد عصاره آبی برگ با کاهش ۱۰۰ درصدی در وزن خشک و طول گیاهچه سس، بیشترین اثر معنی‌دار را بر این دو صفت دارا بود (شکل۱: الف و ب). نکته قابل ملاحظه در این مورد آن بود که غلظت نه درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی ریشه منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس نسبت به شاهد شدند. در این ارتباط محسن-زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008)، اثرات معنی‌دار عصاره آبی برگ و میوه کرچک را بر طول ریشه و ساقه‌چه گندم و نیز بر طول محور زیر لپه و بالای لپه لوبیای چشم بلبلی و نیز بر وزن خشک آن‌ها مشاهده کردند. این محققان در همه موارد، اثرات برگ را بیش از اثرات میوه گزارش کردند.

آزمایش دوم: عصاره آبی اندام‌های مختلف کرچک اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن، سرعت سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن سس داشتند (جدول ۳). در بین عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک، عصاره حاصل از ساقه، برگ، گیاه کامل و ریشه به ترتیب بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد سبز شدن این علف‌هرز نشان دادند. علت این امر می‌تواند این باشد که گیاه کرچک در مرحله پر شدن دانه برداشت شد. از آن‌جایی که در این مرحله به علت آن‌که گل‌ها به عنوان یک مقصد[1] قوی‌تر مواد آللوشیمیایی عمل می‌کنند، سبب کاهش غلظت این مواد در اندام ریشه و حرکت بیشتر این مواد به سمت اندام‌های هوایی می‌شوند (Orouji et al., 2008). غلظت ۷/۵ درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی برگ با ۷۴/۰۸ درصد کاهش، بیشترین تأثیر و غلظت ۷/۵ درصد عصاره آبی برگ با ۴۴/۴۵ درصد کاهش، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد سبز شدن بذر سس نسبت به شاهد داشتند.

همچنین تمامی غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر سرعت سبز شدن نشان دادند (جدول ۳). غلظت ده درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی برگ با ۸۵ درصد کاهش در سرعت سبز شدن بیشترین تأثیر و غلظت ۲/۵ درصد گیاه کامل با درصد ۴۹/۸ کاهش بر سرعت سبز شدن، کمترین تأثیر معنی‌دار را نشان دادند.

1- Sink

به جز غلظت ۲/۵ درصد گیاه کامل، اثر سایر تیمارها بر متوسط زمان سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۳). غلظت ده درصد عصاره آبی ساقه با افزایش ۸۸ درصدی در متوسط زمان سبز شدن، بیشترین تأثیر و غلظت پنج درصد عصاره آبی ریشه با افزایش ۳۸/۹ درصدی، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر متوسط زمان سبز شدن نشان دادند. به جز غلظت پنج درصد عصاره آبی گیاه کامل که باعث افزایش ۱۰۱ درصدی در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد شد، در سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت مشاهده نشد (جدول ۳). بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که توانایی مواد دگرآسیب کرچک در کاهش سرعت و نیز افزایش متوسط زمان سبز شدن گیاهچه‌های سس، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش گسترش این علف‌هرز انگل داشته باشد.

غلظت‌های ۲/۵، پنج، ۷/۵ و ده درصد عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری را بر کاهش وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس نشان دادند (شکل۲- الف و ب). در بین تیمارهای آزمایش، غلظت ۲/۵ درصد عصاره آبی گیاه کامل به ترتیب با ۹۹ و ۸۵ درصد کاهش در وزن خشک و طول گیاهچه سس دارای بیشترین تأثیر معنی‌دار بر این صفات بود. محسن‌زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008) نیز گزارش کردند که غلظت ۲/۵ درصد عصاره آبی برگ و میوه کرچک به طور معنی‌داری جوانه‌زنی گندم و لوبیا چشم بلبلی را کاهش داد.

آزمایش سوم: به جز دوره ۹۰ روز پوسیدگی، سایر دوره‌ها اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن سس نشان دادند (جدول ۴). در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر را بر درصد سبز شدن نشان داد. به طوری‌که در دوره‌های صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پوسیدگی درصد سبز شدن را ۹۶/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. اروجی و همکاران (Orouji et al., 2008) به نقل از نیلدا و همکاران (Nilda et al., 2000) بیان کردند که به طور کلی گیاهان دارای بذرهای ریز به دلیل آن‌که در مقایسه با گیاهان بذر درشت نسبت سطح به حجم بیشتری داشته و در نتیجه دارای سطح تماس بیشتری با این مواد هستند، از حساسیت بیشتری نسبت به مواد دگرآسیب برخوردارند.

اندام‌های کرچک در تمامی دوره‌های پوسیدگی سرعت سبز شدن را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۴). بیشترین تأثیر بر سرعت سبز شدن در دوره‌های ۱۵ و ۳۰ روز پوسیدگی برگ مشاهده شد.

جدول ۳- اثر غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه سس در گلدان

Table 3- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on studied traits of dodder in pots

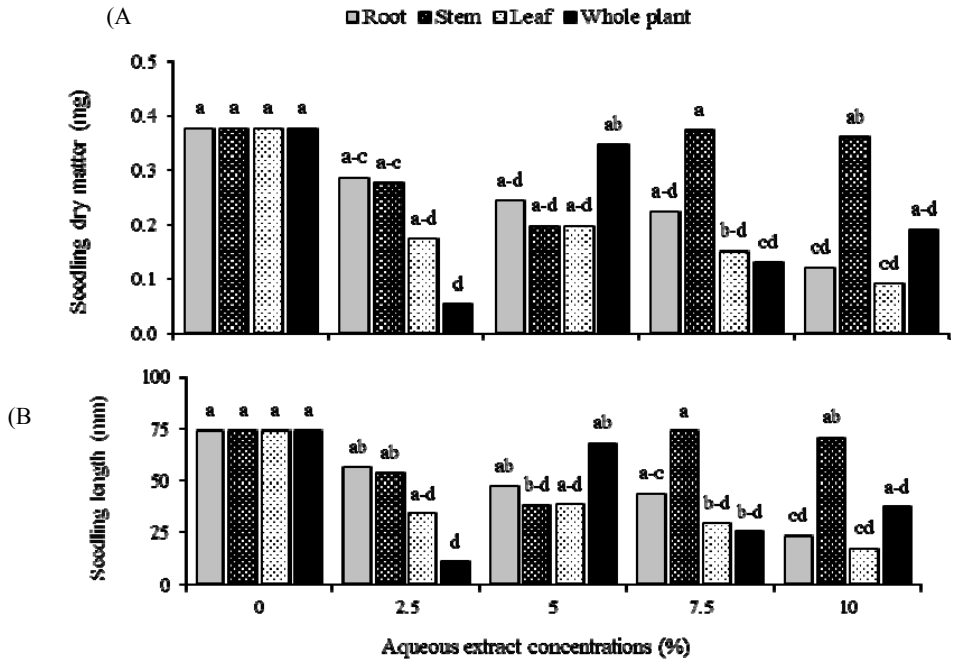
تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعداد گیاهچه در روز) Emergence rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان سبز شدن (روز) Mean emergence time (day)
R-0*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
R-2.5	0.68^{ab}	36.67^{bcd}	0.53^{bcd}	7.15^{ab}
R-5	0.34^{ab}	60.00^{ab}	0.98^{bc}	6.28^{b}
R-7.5	0.01^{b}	40.00^{bcd}	0.64^{bcd}	6.42^{b}
R-10	0.01^{b}	46.67^{bcd}	0.70^{bcd}	6.91^{ab}
S-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
S-2.5	0.01^{b}	26.67^{cd}	0.38^{cd}	7.28^{ab}
S-5	0.68^{ab}	50.00^{bc}	0.69^{bcd}	7.43^{ab}
S-7.5	0.01^{b}	23.33^{cd}	0.38^{cd}	6.33^{b}
S-10	0.34^{ab}	26.67^{cd}	0.32^{d}	8.50^{a}
L-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
L-2.5	0.34^{ab}	40.00^{bcd}	0.61^{bcd}	6.94^{ab}
L-5	0.01^{b}	46.67^{bcd}	0.58^{bcd}	7.96^{ab}
L-7.5	0.01^{b}	50.00^{bc}	0.71^{bcd}	7.33^{ab}
L-10	0.34^{ab}	23.33^{cd}	0.32^{d}	7.67^{ab}
T-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
T-2.5	0.34^{ab}	56.67^{ab}	1.07^{b}	7.35^{ab}
T-5	1.01^{a}	40.00^{bcd}	0.64^{bcd}	6.58^{ab}
T-7.5	0.68^{ab}	60.00^{ab}	0.76^{bcd}	8.25^{ab}
T-10	0.34^{ab}	26.67^{cd}	0.41^{cd}	6.67^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ده: عصاره‌های آبی در سطح صفر تا ده درصد

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 10%



شکل ۲- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در گلدان B)

Fig. 2- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in pots (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

جدول ٤- اثر دوره‌های پوسیدگی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه سس

Table 4- Effect of decay durations of caster bean organs on studied traits of dodder

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعداد گیاهچه در روز) Emergence rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان سبز شدن (روز) Mean emergence time (day)
R-C*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
R-0	0.68^{ab}	40.00^{bcdefg}	0.87^{defg}	4.75^{ab}
R-15	0.34^{ab}	50.00^{bcdef}	1.08^{cd}	4.87^{ab}
R-30	0.34^{ab}	43.33^{bcdef}	0.72^{defgh}	6.38^{ab}
R-45	0.68^{ab}	46.67	0.75^{defgh}	6.54^{ab}
R-60	0.34^{ab}	66.67^{abc}	1.07^{cd}	6.76^{ab}
R-75	0.01^{b}	73.33^{ab}	1.09^{cd}	7.13^{ab}
R-90	0.01^{b}	90.00^{a}	1.46^{bc}	6.67^{ab}
S-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
S-0	1.01^{ab}	33.33^{defgh}	0.95^{defg}	6.22^{ab}
S-15	0.01^{b}	53.33^{abcdef}	1.01^{cd}	5.38^{ab}
S-30	0.01^{b}	23.33^{gh}	0.34^{hij}	4.97^{abc}
S-45	0.68^{ab}	30.00^{defgh}	0.44^{ghi}	7.64^{ab}
S-60	1.68^{a}	26.67^{fgh}	0.32^{ij}	8.42^{a}
S-75	1.34^{a}	46.67^{bcdef}	0.76^{defg}	6.27^{ab}
S-90	0.68^{ab}	60.00^{abcd}	0.89^{defg}	7.22^{ab}
L-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
L-0	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.04^{j}	2.67^{cd}
L-15	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.00^{j}	0.00^{d}
L-30	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.00^{j}	0.00^{d}
L-45	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.04^{j}	3.00^{cd}
L-60	1.34^{a}	43.33^{bcdef}	0.78^{defg}	5.72^{ab}
L-75	0.01^{b}	30.00^{efgh}	0.52^{efghi}	6.27^{ab}
L-90	0.01^{b}	56.67^{abcde}	0.91^{def}	7.71^{ab}
T-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
T-0	1.01^{ab}	40.00^{cdefg}	0.89^{defg}	4.50^{ab}
T-15	0.34^{ab}	53.33^{abcdef}	0.99^{cde}	5.76^{ab}
T-30	0.68^{ab}	30.00^{defgh}	0.5^{fghi}	6.39^{ab}
T-45	0.68^{ab}	20.00^{hi}	0.33^{ij}	4.13^{bc}
T-60	1.01^{ab}	50.00^{bcdef}	0.82^{defg}	7.10^{ab}
T-75	0.68^{ab}	56.67^{abcde}	0.92^{def}	7.37^{ab}
T-90	0.01^{b}	86.67^{a}	1.21^{cd}	7.50^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ۹۰: دوره‌های پوسیدگی، C: تیمار شاهد

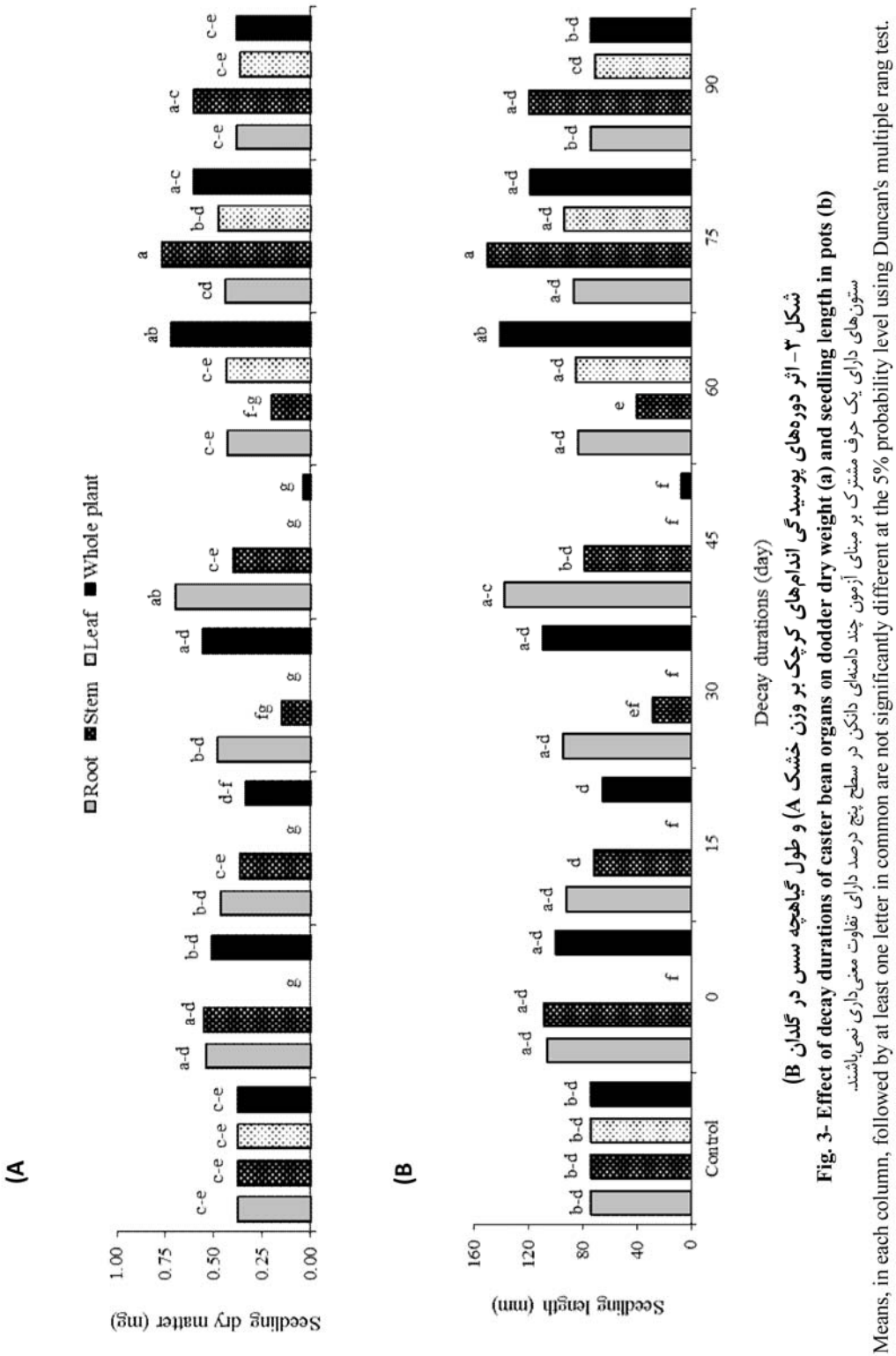
R*: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 90: decay duration, C: control treatment

به طوری‌که سرعت سبز شدن را به صفر بذر در روز (۱۰۰ درصد کاهش نسبت به شاهد) کاهش داد. دوره ۹۰ روز پوسیدگی ریشه با کاهش ۲۸/۸ درصدی سرعت سبز شدن نسبت به شاهد، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر این صفت داشت. کاهش سرعت و درصد سبز شدن ممکن است به علت تخریب لیپیدهای غشا و در نتیجه اختلال در کار کرد غشا صورت بگیرد (Bogatek et al., 2006).

به جز دوره ۶۰ و ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و نیز ۶۰ روز پوسیدگی برگ، در سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال مشاهده نشد. دوره ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و ۶۰ روز پوسیدگی برگ باعث افزایش ۱۳۴ درصدی و دوره ۶۰ روز پوسیدگی ساقه باعث افزایش ۱۶۸ درصدی در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

به جز دوره‌های ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی اندام‌های کرچک، سایر دوره‌ها باعث کاهش وزن خشک و طول گیاهچه سس شدند (شکل ۳- الف و ب). در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر را بر کاهش این دو صفت نشان داد، به طوری‌که در دوره‌های صفر تا ۴۵ روز پوسیدگی، منجر به کاهش ۱۰۰ درصدی این دو صفت شد. در بین تیمارهای آزمایش تیمار ۴۵ روز پوسیدگی ریشه، ۶۰ روز

پوسیدگی گیاه کامل و ۷۵ روز پوسیدگی ساقه اثر تحریک‌کنندگی بـر وزن خشک گیاهچه سس داشتند. همچنین در تیمار ۷۵ روز پوسیدگی ساقه افزایش معنی‌داری در طول گیاهچه سس مشاهده شد.



شکل ۳- اثر دوره‌های پوسیدگی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در گلدان B)

Fig. 3- Effect of decay durations of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in pots (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر منفی عصاره‌های آبی و نیز بقایای پوسیده اندام‌های مختلف کرچک در کاهش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های سس بود. با این وجود، به علت ماهیت ارتباط و اتصال سس با گیاه میزبان، به‌کارگیری دقیق و خاصیت انتخابی مواد دگرآسیب کرچک به گونه‌ای که حداقل آسیب را به سایر گیاهان زراعی وارد کند، باید در راستای کنترل این علف‌هرز انگل در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، موفقیت خاصیت دگرآسیبی کرچک در کنترل سس در ارتباط با روش به‌کارگیری این مواد می‌باشد. با توجه به این‌که کنترل این علف‌هرز انگل تنها به وسیله رهیافت‌های تلفیقی مدیریت علف‌های‌هرز در دراز مدت امکان‌پذیر است، استفاده از توانایی مواد دگرآسیب کرچک در تولید علف‌کش‌های زیستی می‌تواند ضمن کاهش گسترش این علف‌هرز، توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را نیز فراهم کند.

منابع

Aslani, M.R., Maleki, M., Mohri, M., Sharifi, K., Najjar-Nezhad, V., and Afshari, E. 2007. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. Toxicon 49(3): 400-406.

Benvenuti, S., Dinelli, G., Bonetti, A., and Catizone, P. 2005. Germination ecology, emergence and host detection in *Cuscuta campestris*. Weed Research 45: 270-278.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., and Gawroński, S.W. 2006. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biologia Plantarum 50: 156-158.

Deines, L., Rosentreter, R., Eldridge, D., and Serpe, M. 2007. Germination and seedling establishment of two annual grasses on lichen-dominated biological soil crusts. Plant and Soil 295: 23-35.

Doan, L.G. 2004. Ricin: Mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development: A review. Journal of Toxicology-Clinical Toxicology 42(2): 201-208.

Gliessman, S.R. 2001. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture. Springer 380 pp.

Jarchow, M.E., and Cook, B.J. 2009. Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*. Plant Ecology 204: 113-124.

Kupidłowska, E., Gniazdowska, A., Stępień, J., Corbineau, F., Vinel, D., Skoczowski, A., Janeczko, A., and Bogatek, R. 2006. Impact of sunflower (*Helianthus annuus* L.) extracts upon reserve mobilization and energy metabolism in germinating mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. Journal of Chemical Ecology 32: 2569-2583.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cuscuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32: 165-179.

Machado, S. 2007. Allelopathic potential of various plant species on downy brome: Implications for weed control in wheat production. Agronomy Journal 99(1): 127-132.

Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). Seed Science and Technology 34: 339-347.

Mohsenzadeh, S., Mohabatkar, H., and Gholizadeh, M. 2008. Aquatic extract effects of castor bean leaf and fruit on germination and seedling growth and propagation of bacteria and fungi. Pajouhesh and Sazandegi 78: 30-33. (In Persian with English Summary)

Morris, C., Grossl, P.R., and Call, C.A. 2009. Elemental allelopathy: processes, progress and pitfalls. Plant Ecology 202: 1-11.

Nadler-Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* to herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341-347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25: 51-72.

Nilda, R., and Talbert, E. 2000. Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. Weed Science 48: 302-310.

Orouji, K., Khazaei, H.R., Rashed Mohasel, M.H., Ghorbani, R., and Azizi, M. 2008. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and initial growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and common lambsquarter (*Chenopodium album*). Journal of Plant Protection 22: 119-128. (In Persian with English Summary)

Rashed Mohasel, M.H., Najafi, A., and Akbarzadeh, M.D. 2002. Weed Biology and Control. (first ed.). Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Roohi, A., Tajbakhsh, M., Saeidi, M.R., and Nikzad, P. 2010. Study the allelopathic effects of walnut (*Juglans regia*), water leaf extract on germination characteristics of wheat (*Triticum aestivum*), onion (*Allium cepa*) and lactuca (*Lactuca sativa*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 457-464. (In Persian with English Summary)

Upasani, S.M., Kotkar, H.M., Mendki, P.S., and Maheshwari, V.L. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. Pest Management Science 59: 1349-1354.

Wallace, J. 2001. Organic field crop handbook. 2nd Ed. Canadian organic Growers Inc., Ottawa, Canada.

Xuan, T.D., Shinkichi, T., Khanh, T.D., and Chung, I.M. 2005. Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: An overview. Crop Protection 24: 197-206.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 168-178

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۷۸-۱۶۸

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)

علیرضا کوچکی[۱*]، عقیل روحی[۲] و فرانک نوربخش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر خصوصیات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از ارقام مختلف کلزای پاییزه (اکاپی، زرفام و مودنا) و کود بیولوژیک در چهار سطح (نیتروکسین، باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات و شاهد). صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن کلزا بود. نتایج نشان داد که در تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن هزار دانه بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت. تیمارهای مختلف کودی نیز بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشتند. رقم مودنا بالاترین صفات کمی و عملکرد روغن را داشت. همچنین در تیمار ترکیب باکتری حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین بالاترین صفات کمی و درصد روغن حاصل شد. در تمام صفات اندازه‌گیری شده اثرات متقابل تیمار کودی و رقم معنی‌دار نبود. به طورکلی، نتایج به دست آمده از این آزمایش بر مؤثر بودن استفاده از کودهای زیستی برای دستیابی به عملکرد بالا دلالت دارد.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین

مقدمه

کلزا یا کانولا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از گیاهان زراعی خانواده کلم می‌باشد. این گیاه روغنی پس از سویا (*Glycine max* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) سومین منبع تولید روغن نباتی جهان به شمار می‌رود (Hezbavi & Minaei, 2008; Shamsaddin Saied & Farahbakhsh, 2008). دانه کلزا حاوی ۲۵ تا ۵۵ درصد روغن، ۱۸ تا ۲۴ درصد پروتئین و ۱۲ تا ۲۰ درصد پوسته است (Khajepoor, 1998). به دلیل وابستگی کشور به روغن خوراکی وارداتی، سیاست وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های اخیر توسعه کشت گیاهان روغنی از جمله کلزا می‌باشد (Hezbavi & Minaei, 2008). سطح زیر کشت کلزا در ایران در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ حدود ۹۳۰۰۰ هکتار با تولید ۱۹۰۰۰۰ تن است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2013). بنابراین، تلاش برای افزایش عملکرد این محصول ضروری به نظر می‌رسد.

رشد و عملکرد گیاه تابع ظرفیت ژنتیکی آن و عوامل محیطی از جمله دما، رطوبت، تابش انرژی، ساختمان و تخلخل خاک، واکنش خاک، عوامل زیستی، تأمین عناصر غذایی و نبود عوامل محدودکننده رشد است (Koocheki & Khajehosseini, 2008).

کودهای بیولوژیک حاوی جمعیتی متراکم از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌رود (Sharma, 2002). از جمله کودهای بیولوژیک می‌توان به میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اشاره کرد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل بهبود خصوصیات رشدی گیاهان در شرایط همزیستی با مایکوریزا را به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات که عمدتاً شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند، با تولید اسیدهای آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول نظیر سنگ فسفات می‌شوند. همچنین بسیاری از آن‌ها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی نیز می‌گردند (Khan et al., 2007). افراسیابی و همکاران با آزمایشی روی یونجه (*medicago sativa* L.) نشان دادند که بهترین عملکرد کمی و کیفی از کاربرد کود بیولوژیک فسفر بارور ۲ حاصل شد (Afrasiabi et al., 2011). *آزوسپیریلوم و ازتوباکتر* نیز جزء باکتری‌های آزادزی هستند که تقریباً در همه جای کره زمین یافت می‌شود (Emtiazi et al., 2004). تحقیقات زیادی نشان داده است که این دو جنس قادر به تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی هستند (Bashan et al., 2006; Tahmasbi et al., 2011). شوقی کلخوران و همکاران (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) بیان کردند که تلقیح بذرها با نیتروکسین موجب بهبود اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک، درصد پروتئین و روغن و بهبود کیفیت روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در مقایسه با تیمار شاهد شد.

هدف از این پژوهش بررسی اثرات کودهای بیولوژیک نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات و همچنین تغذیه تلفیقی این کودها بر خصوصیات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ده کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. متوسط بارندگی منطقه، ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش در زمینی به مساحت تقریبی ۴۵۰ مترمربع به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور ارقام کلزا شامل سه رقم اوکاپی، زرفام و مودنا و فاکتور تیمارهای کودی در چهار سطح شامل کود بیولوژیک نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali*)، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، مخلوط کود بیولوژیک نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تیمار شاهد (بدون کود) بود. قبل از انجام آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه به صورت تصادفی نمونه‌گیری و به منظور تعیین عناصر پرمصرف، اسیدیته، هدایت الکتریکی و ماده آلی، در آزمایشگاه آب و خاک تجزیه شد. پس از پیاده کردن نقشه طرح کرت‌هایی با ابعاد ۲×۳ متر ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. در ابتدای هر بلوک به منظور آبیاری یک نهر توسط نهرکن ایجاد شد و در پاییز و زمستان در سه نوبت و در بهار هر هفته به صورت سیفونی انجام شد. میزان بارندگی نیز در طی فصل رشد ۲۶۰ میلی‌متر بود. کشت به صورت دو ردیف و در دو طرف پشته صورت گرفت. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذرهای هر سه رقم کلزا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. کود بیولوژیک نیتروکسین که حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سویه‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali* می‌باشد و در هر میلی‌لیتر آن تعداد 10^8 سلول زنده وجود داشت به روش اختلاط با بذر استفاده شد و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه به مدت سه ساعت، مورد کشت قرار گرفت. باکتری‌های حل‌کننده فسفات که قادر به ترشح مقدار زیادی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز هستند و به این وسیله فسفر را از ترکیبات معدنی و آلی آزاد می‌کنند نیز به صورت تلقیح با بذر در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین از کود فسفاته زیستی با نام تجاری بارور ۲ استفاده شد.

این کود حاوی باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات (*Bacillus lentus* strain P_5 و *Pseudomonas putida* strain P_{13}) می‌باشد که با استفاده از دو ساز و کار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث حل ترکیبات فسفر نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (Afrasiabi et al., 2011). بذرها بدون در نظر گرفتن تراکم مطلوب در ۱۵ مهر کشت شد، ولی در مرحله دو تا چهار برگی با توجه به تراکم مطلوب عملیات تنک انجام شد. بر اساس یافته‌های پژوهشگران وجود ۸۰-۷۰ بوته در مترمربع برای ارقام پاییزه یک تراکم مطلوب می‌باشد که در کمتر از این مقدار پوشش گیاهی مناسبی ایجاد نمی‌شود و در نتیجه در معرض بیشتر آفات و علف‌های-هرز قرار می‌گیرد و در بیشتر از این تراکم احتمال وقوع خوابیدگی وجود دارد (Makay et al., 1992). به دلیل کاهش اثرات ناشی از آبشویی کودها، انتهای کرت‌ها بسته شد. جهت یکنواختی در سبز شدن پس از کاشت دو آبیاری متوالی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil (0-30 cm) before planting

بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available potassium (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
سیلت- لومی Silty-loam	0.07	9	124	3.34	7.4	0.06

کنترل علف‌های‌هرز از طریق وجین دستی در دو مرحله و در بهار انجام شد. در پایان فصل رشد جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از حذف حاشیه‌ها (۵۰ سانتی‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و یک ردیف از هر طرف کرت) برداشت از دو مترمربع هر کرت صورت گرفت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت تعیین ارتفاع و تعداد خورجین در بوته سه بوته از سطح نمونه‌برداری به طور تصادفی انتخاب شد. وزن هزار دانه نیز به وسیله دستگاه بذرشمار آزمایشگاه گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی تعیین شد. برای تعیین درصد روغن دانه مقدار سه گرم بذر آسیاب و مقدار روغن با استفاده از دستگاه سوکسله در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تعیین شد. عملکرد روغن در هکتار از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ای آماری با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ارتفاع گیاه در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) متفاوت بود. بیشترین ارتفاع کلزا مربوط به رقم مودنا با میانگین ۱۱۸/۷۴ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع مربوط به رقم زرفام با میانگین ۹۴/۱۳ بود (جدول ۳). قوشچی و همکاران (Ghoshchi et al., 2010) نشان دادند که رقم تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع کلزا داشت. طباطبایی و همکاران (Tabatabai et al., 2012) نیز بیان کردند که ارتفاع کلزا تحت تأثیر رقم قرار گرفت؛ به طوری‌که رقم اکاپی به دلیل زودرس بودن شرایط محیطی مناسب‌تری داشت و همین موضوع منجر به افزایش ارتفاع آن شد. گزارشات دیگری نیز مؤید تفاوت ارتفاع در ارقام مختلف کلزا است (Omidi et al., 2002; Mostafavi Rad et al., 2011). ارتفاع بلندتر گیاه در اثر داشتن محور گل‌آذین بلندتر یا به عبارتی داشتن تعداد بالقوه بیشترین گل و غلاف روی گل‌آذین ساقه است. ریزش برگ‌ها در مرحله پرشدن غلاف‌ها نیز باعث می‌شود که فتوسنتز گیاه منحصراً توسط غلاف و ساقه‌ها انجام شود. بنابراین، داشتن ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتزکننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر برای پر کردن غلاف‌ها و دانه‌ها می‌باشد (Chapman et al., 1984; Norton et al., 1991). ارتفاع تحت تأثیر معنی‌دار کودهای بیولوژیک قرار گرفت (جدول ۲). به طوری‌که بیشترین ارتفاع در اثر تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین+ باکتری‌های حل‌کننده فسفات با میانگین ۱۱۹/۵۱ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در اثر تیمار شاهد با میانگین ۹۴/۰۷ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، تفاوت معنی‌داری بین تأثیر تیمار نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات مشاهده نشد. به طور کلی، در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه، از طریق افزایش طول میان‌گره‌ها ارتفاع گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sarmadnia & Koocheki, 2004). همچنین ارتفاع کلزا با تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

تعداد خورجین در بوته: تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر ارقام مختلف کلزا قرار گرفت (جدول ۲) ($p\leq۰/۰۱$). رقم مودنا با میانگین ۱۰۹/۲۷ خورجین بیشترین و رقم زرفام با میانگین ۷۸/۱۹ خورجین کمترین تعداد خورجین را داشت (جدول۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در سه رقم کلزای پاییزه تحت تأثیر کودهای زیستی مختلف

Table 2- The results of analysis of variance (mean squares) measured characteristics in three cultivar winter canola under different biofertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Replication	2	141.12	30.95	0.334	653402	21077	0.0005	28.23	40013
رقم Cultivar	2	1836.93**	2929.06**	0.046	7333169**	8286944**	0.0532**	35.63*	1012368**
کود Biofertilizer	3	975.10**	956.87**	0.097	925025*	293488**	0.0008	46.93**	111647**
رقم× کود Cultivar× biofertilizer	6	52.49	60.31	0.084	511447	47500	0.0010	3.52	9221
خطا Error	22	35.42	44.08	0.109	354917	29529	0.0009	6.58	11556
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.55	7.15	9.25	6.43	5.66	9.56	8.9	12.14

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

طهماسبی سروستانی و مصطفوی‌راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012) نیز بیان کردند که رقم مودنا بیشترین تعداد خورجین در بوته را در بین ارقام مورد مطالعه به خود اختصاص داد. همچنین امیدی و همکاران (Omidi et al., 2002) و عطایی و همکاران (Ataei et al., 2006) در مطالعه بر روی ارقام کلزا گزارش کردند که اثر رقم بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود. تأثیر تیمارهای کودی نیز بر تعداد خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری‌که تیمار نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با میانگین ۱۰۴/۸۱ بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۷۹/۸۱ کمترین تعداد خورجین در بوته را نشان داد. مسعود و همکاران (Masood et al., 2003) نشان دادند که استفاده از کودهای بیولوژیک در کلزا موجب افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد. احتمالاً کود نیتروکسین از طریق مکانیزم‌های تولید هورمون و تثبیت زیستی نیتروژن به رشد بهتر گیاه در مرحله غلاف‌بندی کمک کرده و در نتیجه کارآیی گیاهان تحت تیمار را در استفاده از منابع محیطی افزایش داده است که منجر به افزایش تعداد خورجین شده است. نتایج حاصل با گزارش سعیدی و صدقی (Saiedi & sedghi, 2008) نیز مطابقت دارد. تعداد خورجین در بوته نیز با تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه کلزا با توجه به رقم بین ۷-۳ گرم متغیر است (Alizadeh et al., 2006). جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت وزن هزار دانه در ارقام مختلف کلزا معنی‌دار نبود. با این وجود بیشترین و کمترین میانگین وزن هزار دانه به ترتیب در رقم اکاپی (۳/۶۲ گرم) و زرفام (۳/۵ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، تحقیقات دیگری نشان داد که اثر رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار است (Ataei et al., 2006; Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012; Omidi et al., 2002). تیمارهای مختلف کودی نیز بر وزن هزار دانه کلزا تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). تالشی و اصولی (Taleshi & Osoli, 2011) نیز نشان دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر وزن هزار دانه دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که تیمارهای کودی در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد خورجین شده‌اند، ولی در مرحله پر شدن دانه تأثیری بر وزن دانه نداشته‌اند.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین تأثیر ارقام مختلف کلزا و کودهای زیستی مختلف بر خصوصیات کمی و درصد روغن کلزا

Table 3- Results of average comparison effect of different biofertilizers quantitative properties and seed oil contents of three cultivars of canola

	تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد خورجین در بوته Number of pod in plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت HI	درصد روغن (درصد) Oil percentage (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
رقم Cultivar	اکاپی Okapi	108.66^{b*}	90.96^{b}	3.627^{a}	8823^{b}	3095^{b}	0.34^{b}	28.4^{b}	884^{b}
	زرفام Zarfam	94.13^{c}	78.19^{c}	3.509^{a}	8702^{b}	2170^{c}	0.25^{c}	27.2^{b}	594^{c}
	مودنا Modena	118.74^{a}	109.27^{a}	3.601^{a}	10153^{a}	3828^{a}	0.37^{a}	30.6^{a}	1175^{a}
کود بیولوژیک Biofertilizers	نیتروکسین Nitroxin	106.96^{b}	91.66^{b}	3.495^{a}	9466^{ab}	3021^{b}	0.31^{a}	28.58^{a}	867^{b}
	باکتری حل‌کننده فسفات Phosphate solubilizing bacteria	108.18^{b}	94.95^{b}	3.545^{a}	9086^{ab}	3010^{b}	0.32^{a}	30.75^{a}	936^{ab}
	نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات Nitroxin+ phosphate solubilizing bacteria	119.51^{a}	104.81^{a}	3.546^{a}	9585^{a}	3266^{a}	0.33^{a}	30.2^{a}	998^{a}
	شاهد Control	94.07^{c}	79.81^{c}	3.731^{a}	8900^{b}	2826^{c}	0.31^{a}	25.66^{b}	738^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* means with same letters have not significant differences in each column and for each factor based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ارقام مختلف کلزا تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت (جدول ۲). به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۱۰۱۵۳ کیلوگرم در هکتار و رقم زرفام با میانگین ۸۷۰۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر تیمارهای کودی نیز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در اثر تیمارهای نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات و شاهد به ترتیب به میزان ۹۵۸۵ و ۸۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). مرادی تلاوت و همکاران (Moradi Telavat et al., 2008) در آزمایشی بر روی کلزا نشان دادند که فراهمی نیتروژن در خاک باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن کلزا می‌شود. هنری و همکاران (Henri et al., 2008) نیز اظهار داشتند که جنس‌های *Pseudomonas* علاوه بر افزایش قابلیت جذب فسفات نامحلول خاک، از طریق ترشح هورمون و فاکتورهای تحریک‌کننده رشد گیاه نیز روی رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارند. رامانجانلو و همکاران (Ramanjaneyulu et al., 2010) نیز بیان کردند که کاربرد *ازتوباکتر* به همراه باکتری حل‌کننده فسفات باعث افزایش وزن خشک علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) شد. هگازی و همکاران (Hegazi et al., 1983) افزایش معنی‌دار تجمع ماده خشک در ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با *آزوسپریلوم* را گزارش کردند. آن‌ها این اثر را به افزایش سطح و گسترش ریشه گیاه در اثر تلقیح با این کود بیولوژیک و همچنین تأثیرات هورمونی *آزوسپریلوم* بر رشد و توسعه اندام‌های هوایی نسبت دادند. به نظر می‌رسد که تأمین شرایط جدید برای ریزوسفر به کمک تغییر اسیدیته ناشی از اثرات باکتری‌های به‌کار برده شده، نه تنها شرایط تأمین فسفر قابل جذب را بهبود بخشیده است، بلکه به نظر می‌رسد که قابلیت تنظیم‌کنندگی رشد و تأمین همزمان برخی از عناصر محدودکننده میکرو را نیز برای گیاه در برداشته است. عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

عملکرد دانه: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری (p≤۰/۰۱) متفاوت است. به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۳۸۲۸ کیلوگرم در هکتار و رقم زرفام با میانگین ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). اکبری و همکاران (Akbari et al., 2010) بیان کردند که بین ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این اختلاف را به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام نسبت دادند. از آن‌جا که اثرات متقابل رقم در کود نیز معنی‌دار نشد، شاید بتوان گفت که تفاوت عملکرد ارقام مختلف کلزا علت ژنتیکی دارد. جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشته است، به طوری‌که اثر تیمار کود نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با میانگین ۳۲۶۶ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد با میانگین ۲۸۲۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را نشان داد. اجزای تعیین‌کننده عملکرد کلزا شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه می‌باشد (Ali et al., 2003). بنابراین، از آن‌جا که وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نداشت، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد تیمار تلفیقی ناشی از افزایش تعداد خورجین در بوته‌های این تیمار است. تایلور و همکاران (Taylor et al., 1991) در مطالعه‌ای مشابه در کلزا نشان دادند که مصرف نیتروژن در هر دو سال زراعی از طریق افزایش تعداد خورجین در واحد سطح، عملکرد دانه را افزایش داد. از طرفی کندی و همکاران (Kennedy et al., 2004) و آنتونس و همکاران (Antunes et al., 2005) گزارش کردند که سرعت فتوسنتز در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن افزایش می‌یابد که این می‌تواند به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی توسط این میکروارگانیسم‌ها باشد که باعث افزایش رشد در گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد شده است. به طور کلی، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* موجب تولید هورمون‌های گیاهی همچون اکسین و ژیبرلین می‌شوند (Bashan & Holguin, 1997). همچنین یکی از مکانیزم‌های احتمالی این است که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر در دسترس برای باکتری هم‌زیست، باعث افزایش تثبیت نیتروژن در گره‌های ریشه‌ای و در نتیجه افزایش رشد گیاه و به خصوص بخش هوایی آن شده است، زیرا برای تثبیت نیتروژن، انرژی فراوانی مورد نیاز است که با وجود فسفر کافی و ATP فراوان تأمین می‌شود (Olivera et al., 2002). از طرفی افزایش عملکرد بیولوژیک سبب ایجاد سطح فتوسنتزکننده زیادتر شده و در نتیجه تولید مواد پرورده بیشتر، باعث افزایش عملکرد

دانه شده است. بنابراین، می‌توان گفت کاربرد توأم باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین نسبت به تیمار کاربرد جداگانه این میکروارگانیسم‌ها یک اثر هم‌افزایی مثبت داشته و منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شده است. آزمایشات دیگری روی غلات و سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) (Dubey & Billore, 1992)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Singh & Kapoor, 1998)، برنج (Taleshi & Osoli, 2011)، لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) (Bozorgi et al., 2011) و آفتابگردان (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) انجام شد که همگی حاکی از افزایش عملکرد این محصولات، با کاربرد میکروارگانیسم‌ها حل‌کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. با این‌وجود، تالشی و اصولی (Taleshi & Osouli, 2011) بیان کردند که به علت شرایط محیطی کودهای بیولوژیک فسفر بر عملکرد برنج تأثیر معنی‌داری نداشتند. همبستگی عملکرد دانه نیز با شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن مثبت بود (جدول ۴).

شاخص برداشت: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود شاخص برداشت در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) متفاوت بود (جدول ۲)؛ به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۳۷ درصد و رقم زرفام با میانگین ۲۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۳). خان و همکاران (Khan et al., 2007) بیان کردند که فراهمی زیستی فسفر قابل جذب در خاک به نوع گیاه، شرایط و سطح تغذیه‌ای و فلور میکروبی خاک بستگی دارد. بنابراین، از آن‌جا که شرایط تغذیه‌ای و فلور میکروبی خاک برای ارقام مختلف یکسان در نظر گرفته شد، تفاوت در شاخص برداشت نیز می‌تواند گواهی بر اختلاف ژنتیکی ارقام مختلف باشد. محققین دیگری نیز دریافتند که بین ارقام مختلف کلزا تفاوت آماری معنی‌داری از نظر شاخص برداشت وجود دارد و ارقامی که عملکرد دانه بیشتری داشتند از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند (Chango & Mc Vetty, 2001). تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲). از آن‌جا که این شاخص بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد دانه و عملکرد کل ماده خشک می‌باشد، لذا تغییرات این دو پارامتر، تأثیر عمده‌ای بر شاخص برداشت دارند. شوقی کلخوران و همکاران (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) بیان کردند که کودهای زیستی تأثیری بر شاخص برداشت آفتابگردان نداشت. مجیدیان (Majidian, 2008) نیز نشان داد که شاخص برداشت عملاً ثابت است، زیرا همان‌طور که سیستم‌های مختلف حاصلخیزی و کودهای زیستی روی عملکرد دانه تأثیرگذارند، عملکرد بیولوژیک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین، می‌توان بیان داشت که کودهای زیستی با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تقریباً به یک میزان شده‌اند، اما مرادی تلاوت و همکاران (Moradi Telavat et al., 2008) گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود شیمیایی نیتروژن عملکرد دانه کلزا افزایش یافت، اما شاخص برداشت کاهش یافت. همچنین شاخص برداشت با درصد روغن و عملکرد روغن دارای همبستگی مثبت بود (جدول ۴).

درصد روغن: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود درصد روغن در ارقام مختلف کلزا معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود، به طوری‌که بیشترین درصد روغن مربوط به رقم مودنا با میانگین ۳۰/۶ درصد و کمترین درصد روغن مربوط به رقم زرفام با میانگین ۲۷/۲ درصد مشاهده شد (جدول ۳). طهماسبی سروستانی و مصطفوی‌راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012) نیز بیان کردند که رقم مودنا بیشترین درصد روغن را در بین ارقام مورد مطالعه داشت. ماسون و برنان (Mason & Brennan, 1998) گزارش کردند که تأخیر در رسیدگی دانه‌ها باعث افزایش درصد روغن می‌شود. بنابراین، شاید بتوان تفاوت در درصد روغن ارقام مختلف را به تفاوت در طول دوره رشدی آن‌ها نسبت داد. تیمارهای مختلف کودی نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بر درصد روغن داشتند (جدول ۲). به طوری‌که بیشترین درصد روغن در تیمارهای کاربرد کود بیولوژیک به خصوص تیمار نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات (به میزان ۳۰/۷۵ درصد) و کمترین درصد روغن در تیمار شاهد (به میزان ۲۵/۶۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، بین تیمارهای مختلف کاربرد کود بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بایکر و سویر (Barker & Sowyer, 2005) نیز نشان دادند که کودهای آلی درصد روغن کلزا را افزایش دادند. محققین دیگری نیز با تحقیق روی آفتابگردان بیان نمودند که کاربرد کودهای زیستی باکتریایی به طور معنی‌داری درصد روغن را افزایش داد (Shoghi Kalkhoran et al., 2012). درصد روغن با عملکرد روغن در سطح یک درصد همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین برخی صفات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه

Table 4- Correlation coefficients between some quantitative characters and oil content of three cultivars of winter rapeseed

	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)								
تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	0.821 **							
وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	- 0.103	- 0.051						
عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	0.569**	0.748**	0.106					
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	0.775**	0.805**	0.104	0.647**				
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	0.665**	0.606**	0.092	0.282	0.912**			
محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	0.582**	0.610**	0.246	0.575**	0.482**	0.296**		
عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	0.799**	0.835**	0.193	0.717**	0.929**	0.782**	0.762**	

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد را نشان می‌دهد.

** and *: show significant at 1% and 5% probability level Respectively.

عملکرد روغن: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر ارقام مختلف بر عملکرد روغن کلزا معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود، به طوری‌که رقم مودنا با ۱۱۷۵ کیلوگرم روغن در هکتار و رقم زرفام با ۵۹۴ کیلوگرم در هکتار روغن به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۳). با توجه به این‌که عملکرد روغن حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه است و از آن‌جا که رقم مودنا درصد روغن و عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۳)، بنابراین عملکرد بالاتر روغن در رقم مودنا نسبت به سایر ارقام قابل توجیه است. تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد روغن نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). کود نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با عملکرد روغن ۹۹۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار شاهد با عملکرد روغن ۷۳۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد روغن را داشت (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

در این بررسی کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین به صورت توأم و یا جداگانه باعث افزایش زیست‌توده کل گیاه، اجزای عملکرد (به جز وزن هزار دانه) و در نتیجه عملکرد دانه و روغن کلزا شد. کاربرد توأم کودهای زیستی صفات مطلوب‌تری را نشان داد که احتمالاً به دلیل وجود یک هم افزایی مثبت بین میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین در این آزمایش می‌باشد. بنابراین، با توجه به هزینه بالای کودهای شیمیایی و خطرات زیستی محیطی ناشی از مصرف زیاد این کودها استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین به خصوص کاربرد توأم آن‌ها گزینه مناسبی به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهه طرح ۲۰۳۶۲/۲ (تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۱۴) معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, A.M. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*, cv. Robinson. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 4: 43-54. (In Persian with English Summary)

Akbari, G., IranNejad, H., Hosseinzadeh, K., Zand, E., Hejazi, A.A., and Bayat, A.A. 2010. Effect of wild mustard weed interference on growth parameters and yield of rapeseed. Iranian Journal of Field Crops Research 41: 329-343. (In Persian with English Summary)

Ali, N., Javidfar, F., Jafarieh Yazdi, E., and Mirza, M.Y. 2003. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany 35: 167-174

Alizadeh, N., Babay Ahari, A., Asadi, Y., Valizadeh, M., and Pasban Eslam, B. 2006. Effect of *Sclerotina* stem rot on the quantity and quality of the oil. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3: 485-494. (In Persian with English Summary)

Antunes, P.M., Deaville, D., and Goss, M.J. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobiumjaponicum* and soybean. Mycorrhiza 16: 167-173.

Ataei, M., Shiranirad, A.H., and Khoorkami, M. 2006. Assessment of some quantitative traits and response of winter rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in water deficient conditions. Proceedings of the 9th Iranian Crop Sciences Congress, 27-29 August 2006, Tehran, Iran 541 pp. (In Persian)

Barker, W.B., and Sowyer, J.E. 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. Agronomy Journal 97: 615-619.

Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121

Bashan, Y., Holguin, G., and De-Bashan, L. 2006. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology 50: 521-577.

Bozorgi, H.R., Azarpour, E., and Moradi, M. 2011. The effect of bio- mineral nitrogen fertilization and foliar zinc spraying on yield and yield components of faba bean. World Apply Science Journal 13: 1409-1414.

Chango, G., and Mc Vetty, P.B.E. 2001. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape. Canadian Journal Plant Science 81: 1-6.

Chapman, J.F., Daniel, R.W., and Scarisbrick, D.H. 1984. Field studies on ^{14}C assimilation fixation and movement in oilseed rape (*B. napus*). Journal of Agricultural Science, Cambridge 102: 23-31.

Dubey, S.K., and Billore, S.D. 1992. Phosphate solubilizing microorganism as inoculants and their role in augmenting crop productivity in India: a review. Crop Research Hisar 5: 1-11.

Emtiazi, G., Naderi, A., and Etemadifar, Z. 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. Food Science 26: 56-58.

Ghoshchi, F., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G., and Hadi, H. 2010. Changes in yield and yield components of rapeseed under optimum and limited irrigation. Agricultural Research 2: 15-35.

Hegazi, N.A., Monib, M., Amer, H.A., and Shoker, E. 1983. Response of maize plants to inoculation with *Azospirilla* and (or) straw amendment in Egypt. Canadian Journal of Microbiology 29: 888-894.

Henri, F., Laurette, N.N., Annette, D., John, Q., Wolfgang, M., François-Xavier, E., and Dieudonné, N. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. African Journal of Microbiology Research 2: 171-178.

Hezbavi, E., and Minaei, S. 2008. Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Food Science and Technology Research Journal 5: 21-28. (In Persian with English Summary)

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.

Khajepoor, M.R. 1998. Industrial Crops Production. Jihad-e-Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran p. 210-228. (In Persian)

Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture-a review. Agronomy for sustainable development. Agronomy Sustain 27: 29-43.

Koocheki, A., and Khajehosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Publication of Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran p. 147-168. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Majidian, M. 2008. Effects of nitrogen fertilizer, manure, and water stress in agro systems during different growth stages on quantitative and qualitative agronomic characteristics of corn (*Zea mays* L.). PhD Thesis in Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University. (In Persian with English Summary)

Makay, K.R., Schneiter, A.A., Johnson, B.L., Hanson, B.K., and Schatz, B.G. 1992. Influence of planting date on canola and crambe production. North Dakota Farm Research 49: 23-26.

Mason, M.G., and Brennan, R.F. 1998. Comparison of growth response and nitrogen uptake by canola and wheat following application of nitrogen fertilizer. Journal of Plant Nutrition 21: 1483-1499.

Masood, M., Shamsi, I.H., and Khan, N. 2003. Impact of row spacing and fertilizer levels (Diammonium phosphate) on yield and yield components of canola. Asian Journal of Plant Sciences 2(6): 454-456.

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2013. Available at Web site http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52 (verified 12 march 2013)

Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Nadian, H., and Fathi, G. 2008. Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz, Iran. International Journal of Agricultural Research 3: 415-422.

Mostafavi Rad, M., Tahmasbi Sarvestani, Z., Modares Sanavi, S.A.M., and Ghalavand, A. 2011. Effect of nitrogen sources on seed yield, fatty acids composition and micro nutrients content in high yielding rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. Seed and Plant Improvement Journal 26: 387-401. (In Persian with English Summary)

Norton, G., Bilsborrow, P.E., and Shipway, P.A. 1991.Comparative physiology of divergent types of winter

rapeseed. Organizing Committee, Saskatoon p. 578-582.

Olivera, M., Iribarne, C., and Lluch, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N_2 fixation by bean (*Phaseolus vulgaris*). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain 102: 157-160

Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Salehi, A., and Fasihi, K.H. 2002. Evaluation and comparison of yield and yield components of rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in cold regions. Proceedings of the 7th Iranian Crop Sciences Congress, 24-26th August 2002, Karaj, Iran p. 55. (In Persian)

Ramanjaneyulu, A.V., Giri, G., and Kumar, S.R. 2010. Biofertilizers, nitrogen and phosphorus on yield and nutrient economy in forage sorghum affected by nutrient management in preceding mustard. Bio-Resource Management 2: 66-68.

Saiedi, G., and Sedghi, A. 2008. Effect of some macro and micro-nutrients on seed yield and other agronomic traits of two cultivars of rapeseed oil in Isfahan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 45: 77-88. (In Persian)

Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 2004. Phisiology of Crop plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication. Mashhad, Iran p. 223-267. (In Persian)

Shamsaddin Saied, M., and Farahbakhsh, H. 2008. Qualitative and quantitative characteristics of canola under salty conditions for identifying resistance index. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 43: 65-78.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, Jodhpur, India p. 194-232.

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effects of Biofertilizer and green manure (winter wheat) in combination with integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences 3: 35-52. (In Persian with English Summary)

Singh, S., and Kapoor, K.K. 1998. Inoculation with phosphate solubilizing microorganism and a vesicular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat growth in a sandy soil. Biology and Fertility of Soil 28: 139-144.

Tabatabai, S.A., Ghasemi, A., and Shakeri, E. 2012. Effects of water stress on yield, yield components and oil content of canola. Crop Physiology 12: 41-53. (In Persian)

Tahmasbi, D., Zarghami, R., Vatanpour Azghandi, A., and Chaichi, M. 2011. Effects of nanosilver and nitroxin biofertilizer on yield and yield components of potato mini-tubers. International Journal of Agriculture and Biology 13: 986-990.

Tahmasebi Sarvestani, Z., and Mostafavi Rad, M. 2012. Effect of organic and inorganic nitrogen sources on quantitative and qualitative characteristics in three winter rapeseed cultivars in Arak. Electronic Journal of Crop Production 4: 177-194. (In Persian with English Summary)

Taleshi, K., and Osouli, N. 2011. Effective of phosphate biofertilizer on reducing use of chemical phosphate fertilizer and rice yield in Amol, Iran. World Applied Sciences Journal 12: 1314-1320.

Taylor, A.J., Smith, C.J., and Wilson, I.B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use efficiency of canola. Fertilizer Research 29: 249-260.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 179-189

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۸۹-۱۷۹

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد

عفت غلامی شرفخانه[1*]، محسن جهان[2]، محمد بنایان اول[3]، علیرضا کوچکی[4] و پرویز رضوانی مقدم[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. سطوح مختلف کود گاوی (۲۵ تن در هکتار کود و بدون کود) به عنوان عامل کرت اصلی و انواع کودهای بیولوژیک (نیتروکسین، بیوسولفور، بیوفسفر، ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور)، ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر خالص۶۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود) به عنوان عامل کرت فرعی درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که کلیه صفات اندازه‌گیری شده شامل: ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد ساقه، درصد اسانس و عملکرد ماده خشک تحت تأثیر کود گاوی قرار گرفتند، به طوری‌که کاربرد کود گاوی منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی نسبت به عدم کاربرد گردید. بیشترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی به ترتیب مربوط به گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست و ترکیب نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور بود. کود زیستی بیوسولفور بیشترین عملکرد ماده خشک، عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه را سبب شد. درصد اسانس نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت و کاربرد کود زیستی نیتروکسین، ورمی‌کمپوست و ترکیب نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور سبب تولید بیشترین درصد اسانس شدند. نتایج ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات بیانگر آن بود که بیشترین همبستگی به ترتیب بین عملکرد ماده خشک با عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه وجود داشت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی در بهبود صفات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه تأثیری مثبت داشت، لذا می‌توان با استفاده بهینه از نهاده‌های طبیعی نسبت به تولید سالم گیاه دارویی مرزه اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه، سیستم کم‌نهاده، عملکرد ماده خشک، کود گاوی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک، صدمات زیست‌محیطی و اقتصادی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته است. مطالعات بلند مدت نشان می‌دهند که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش به علت اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای NPK می‌باشد (Adediran et al., 2004). در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و آسیب‌های اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Ghost & Bhat, 1998). به منظور کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری نظام‌های کشاورزی در دراز مدت را نیز به دنبال داشته باشد (Murty & Ladha, 1988). با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست و منابع آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارآیی نهاده‌ها را نیز افزایش داد (Ghost & Bhat, 1998).

در حال حاضر کودهای بیولوژیک به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). کودهای بیولوژیک در حقیقت شامل انواع ریزجانداران بوده (Chen,

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار، دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: gholamisharafkhane.eghsh@gmail.com)

(2006; Vessey, 2003) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از حالت غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته (Rajendran & Devaraj, 2004) و منجر به جوانه‌زنی بهتر بذر و توسعه سیستم ریشه‌ای می‌گردند (Chen, 2006). باکتری‌های آزادزی در برخی از فرآیندهای کلیدی بوم‌نظام مانند کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی، چرخه عناصر غذایی و استقرار گیاهچه نقش دارند (Wu et al., 2005). امروزه به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن از طریق باکتری‌های همیار از جمله *Azospirillum* و *Azotobacter* در بوم نظام‌های کشاورزی توجه ویژه‌ای معطوف شده است (Tilak et al., 2005). این دو گونه باکتری در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد گیاه نقش مفید و مؤثری دارند (Kader, 2002). *Azotobacter* قادر به تولید ترکیبات ضدقارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی بوده و همچنین سبب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شده که در نهایت، بهبود رشد پایه گیاه را به دنبال دارد (Chen, 2006). *Azospirillum* علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد مؤثر می‌باشد (Tilak et al., 2005). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات گروهی از ریزجانداران را در بر می‌گیرند که با ترشح اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز قادر هستند که فسفر نامحلول در خاک را به شکل محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند و باعث افزایش رشد گیاه تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک شوند (Tilak et al., 2005). همچنین، این باکتری‌ها نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی فسفره را کاهش می‌دهند (Vessey, 2003). از مهمترین جنس‌های این خانواده می‌توان به *Pseudomonas* و *Bacillus* اشاره کرد (Tilak et al., 2005). باکتری‌های *Thiobacillus* مهمترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک به شمار می‌روند، تلقیح خاک با این باکتری‌ها باعث افزایش سرعت اکسایش گوگرد خواهد شد. در صورتی‌که جمعیت این باکتری‌ها در خاک پائین باشد، مصرف گوگرد با این باکتری‌ها در خاک‌های قلیایی و آهکی اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (Rupela & Tauro, 1973). گزارش شده است که کود زیستی بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus*) همراه با گوگرد از طریق اکسایش گوگرد باعث تعدیل اسیدیته خاک، بهبود حلالیت و جذب فسفر و در نتیجه ارتقاء رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Garcia, 1991).

مواد آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک دارند یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شوند و از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (Renato et al., 2003) تا جایی که برخی از پژوهشگران معتقد هستند که حاصلخیزی خاک را تنها با عرضه مواد آلی مانند کودهای دامی و ورمی‌کمپوست می‌توان حفظ و تجدید کرد (Pieri, 1989). ورمی‌کمپوست در نتیجه فعالیت گونه‌هایی از کرم‌های خاکی روی بستری از مواد آلی تولید شده و حاوی عناصر غذایی است که به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (Atiyeh et al., 2000). این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی مناسب، فعالیت میکروبی زیاد و ظرفیت بالای نگهداری آب می‌باشد (Sangwan et al., 2008). کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که ضمن تأمین مقادیری عناصر غذایی، باعث حفظ و بهبود باروری خاک، افزایش ماده آلی، غنی‌سازی خاک و در نهایت بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود. خاک‌هایی که با کود حیوانی تغذیه می‌شوند، علاوه بر جمعیت میکروبی فعال‌تر و غنی‌تر، مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات قابل استفاده بیشتری نسبت به خاک‌های کشاورزی رایج دارند (Azeez et al., 2010).

گیاه دارویی مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است (Zargari, 1989). دارای گل‌های متعدد با اندازه ۱/۵ میلی‌متر، با برگ‌هایی نیزه‌ای شکل و دارای غدد ترشحی حاوی اسانس می‌باشند (Omidbeigi, 2000). مرزه گیاهی است معطر که اثرات مختلفی مانند درمان دردهای عضلانی، تهوع و بیماری‌های عفونی و گوارشی دارد (Vesquez et al., 2000). همچنین از این گیاه در مواد غذایی به عنوان چاشنی استفاده می‌شود (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). مرزه در بررسی های آزمایشگاهی اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانت، خواب‌آور و ضد اسپاسم از خود نشان داده است (Ratti et al., 2001). به علاوه به دلیل وجود مواد معطر در گیاه جهت مصارف غذایی، تهیه نوشیدنی‌ها، مصارف صنعتی و همچنین به واسطه خواص ضد

باکتریایی و ضد قارچی همواره مورد توجه بوده است (Chen, 2006).

در زمینه استفاده از کودهای زیستی تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده است. در بررسی کاربرد *Azotobacter* در رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک گیاه و نیز درصد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan et al., 2008). در تحقیقی بر روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مشاهده شد که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کودهای شیمیایی، سبب ایجاد بیشترین تعداد شاخه در گیاه شد (Azzaz et al., 2009). تحقیقات در زمینه اثر کاربرد کودهای دامی و به خصوص کود آلی ورمی‌کمپوست در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است. استفاده از ورمی‌کمپوست در سبزیجات نشایی، موجب افزایش رشد این گیاهان شد (Bachman & Metzeger, 1998). در آزمایشی روی کدو تنبل (*Cucurbita maxima* L.) مشاهده شد که با افزایش سطوح کودهای دامی، عملکرد ماده خشک به صورت خطی افزایش پیدا کرد (Azeez et al., 2010).

با توجه به اهمیت مدیریت تغذیه گیاهی در افزایش و پایداری تولید در کنار حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه و همچنین امکان‌سنجی ارایه روشی جایگزین در تولید سالم و عاری از بقایای شیمیایی مرزه در یک نظام زراعی کم‌نهاده طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در جنوب‌شرقی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سطوح مختلف کود دامی (۲۵ تن در هکتار کود گاوی و بدون کود) به عنوان عامل کرت اصلی و انواع کودهای بیولوژیک (نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus* sp.)، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp.)، ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور)، ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر خالص۶۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)) به عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری و به منظور تعیین میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و ظرفیت تبادل کاتیونی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱).

همچنین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کودهای دامی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زمین مورد کشت

Table 1- Some physico-chemical characteristics of experimental soil

بافت Texture	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (قسمت در میلیون) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) Potassium (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی- سیلت Loamy- silt	0.063	14	119	1.2	7.47

جدول ۲- درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کود های آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Nitrogen, phosphorus and potassium percentage in different manures used in experiment

	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (درصد) Available P (%)	پتاسیم قابل دسترس (درصد) Available K (%)
کود گاوی Cattle manure	0.28	0.07	0.2
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.5	1.5	1.2

بر اساس درصد نیتروژن هر کدام از کودهای آلی، نیاز کودی مرزه و اطلاعات خاک، مقدار مورد نیاز از هر کدام از کودهای آلی جهت اضافه کردن به خاک تعیین گردید. پس از پیاده کردن نقشه طرح و انجام عملیات خاکورزی، کرت‌هایی با ابعاد ۳×۲/۵ متر ایجاد و

در داخل هر کرت پنج ردیف کاشت ایجاد شد. حدود یک ماه قبل از کاشت کود دامی و نیز ورمی‌کمپوست به میزان مقادیر در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه و توسط بیل دستی تا عمق ۲۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کود شیمیایی (NPK)، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های مورد نظر اعمال شد. کشت روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله کاشت پنج سانتی‌متر در روی ردیف و عمق ۱-۰/۵ سانتی‌متری خاک انجام گرفت. به دلیل ریز بودن بذر مرزه و نیز به منظور سهولت در کاشت، بذرها با نسبت یک به پنج با ماسه بادی مخلوط گردید. قبل از کشت، به منظور تلقیح کودهای بیولوژیک به شرح زیر عمل شد: در تیمار بیوفسفر، بذور ابتدا در یک ماده چسبناک و بی‌اثر (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) غوطه‌ور شده و پس از آن در پودر مایه تلقیح قرار گرفته و به خوبی مخلوط شدند (Koocheki et al., 2008)، در تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین، از روش اختلاط کود با بذر به میزان دو لیتر در هکتار استفاده گردید و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه مورد کشت قرار گرفتند. در تیمار بیوسولفور، ابتدا پودر گوگرد و بیوسولفور براساس مقدار توصیه شده توسط شرکت تولیدکننده با یکدیگر مخلوط شدند، سپس در ردیف‌های کاشت اضافه شدند و بلافاصله کشت صورت گرفت. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر هفت روز یک‌بار به صورت نشتی انجام شد. برای رسیدن به تراکم مناسب، گیاهان در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شدند. کنترل علف‌های‌هرز توسط وجین دستی در دو نوبت انجام گرفت. برداشت مرزه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و ویژگی‌های مورد نظر اندازه‌گیری و ثبت شدند. به منظور تعیین عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و یک بوته از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و از سطح باقی‌مانده عملکرد ماده خشک تعیین شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 3- ANOVA (mean squares) of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	عملکرد ساقه Stem yield	محتوی اسانس Essential oil content	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
تکرار Replication	2	0.934^{ns}	0.166^{ns}	40800.470^{ns}	80760.721^{ns}	3.308^{**}	161611.61^{ns}
کود گاوی Cattle manure	1	50.380^{**}	36.214^{**}	2550289.292^{**}	5045872.126^{**}	0.173^{**}	18102462.31^{**}
خطای a Error a	2	2.005	2.000	18136.756	13776.167	0.009	106885.07
نوع کود Fertilizer type	6	15.690^{**}	15.884^{**}	331726.625^{**}	245630.216^{**}	0.237^{**}	1237267.39^{**}
کود دامی× نوع کود Cattle manure× fertilizer types	6	1.019^{ns}	1.214^{ns}	197700.625^{**}	150550.604^{*}	0.174^{**}	568049.67^{**}
خطای b Error b	24	1.685	1.701	38607.696	52294.442	0.006	94264.21
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.780	6.624	13.056	17.613	5.021	8.850

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

پنجاه گرم سرشاخه خشک شده از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد (هر نمونه ابتدا کمی خرد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۶۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه و سپس به مدت چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد) و در نهایت مقدار و درصد اسانس هر نمونه مشخص شد (Tahami et al., 2010). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با

استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود دامی و تیمارهای کودی مختلف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک مرزه داشت (جدول ۳).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک در نتیجه تیمار بیوسولفور به دست آمد، اگر چه با بقیه تیمارها به جز شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

اثر متقابل کود دامی و کودهای مختلف بر عملکرد ماده خشک مرزه معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به ترتیب در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه تلقیح با نیتروکسین و شاهد حاصل شد (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 4- Mean comparisons of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار) Flowering shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})
کود گاوی Cattle manure						
کاربرد کود گاوی Application of cattle manure	47.7^{a}	20.6^{a}	1751.33^{a}	1644.94^{a}	1.70^{a}	4125^{a}
عدم‌کاربرد کود گاوی No application of cattle manure	45.5^{b}	18.7^{b}	1258.50^{b}	951.71^{b}	1.58^{b}	2812^{b}
نوع کود Fertilizer types						
نیتروکسین Nitroxin	46. 3^{abc}	17.3^{c}	1588.67^{ab}	1348.42^{b}	1.80^{a}	3707^{a}
بیوسولفور Biosulfur	47. 3^{abc}	20.1^{abc}	1790.00^{a}	1645.63^{a}	1.45^{bc}	3975^{a}
بیوفسفر Biophosphor	47.5^{ab}	18.7^{bc}	1635.50^{ab}	1276.90^{b}	1.70^{a}	3509^{a}
نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	44.6^{bc}	22.0^{a}	1568.50^{ab}	1176.75^{bc}	1.80^{a}	3500^{a}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	48.5^{a}	19.2^{abc}	1350.00^{bc}	1277.40^{b}	1.81^{a}	3357^{a}
کود شیمیایی NPK	47.9^{a}	21.3^{ab}	1540.75^{ab}	1381.05^{ab}	1.30^{c}	3691^{a}
شاهد Control	44.4^{c}	18.9^{bc}	1061.00^{c}	982.13^{c}	1.65^{ab}	2542^{b}

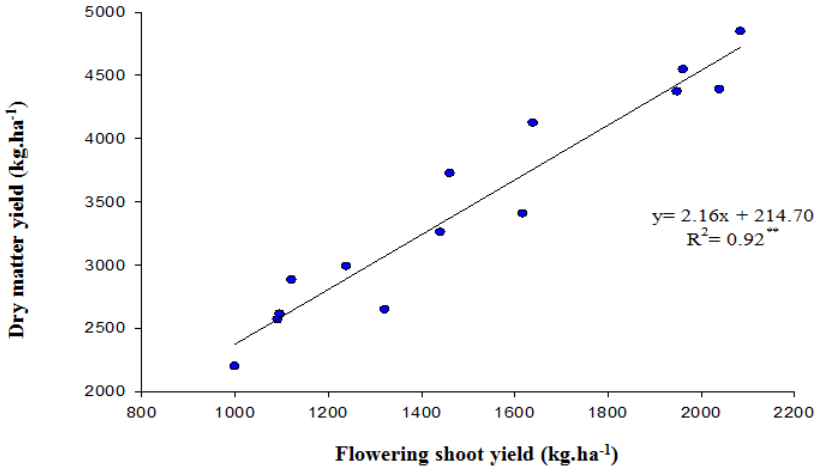
* برای هر گروه تیماری در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند (p≤۰/۰۵).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤ 0.05).

چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و ترشح انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسیدهای آلی) و نیز افزایش فراهمی عناصر غذایی (Kartikeyan et

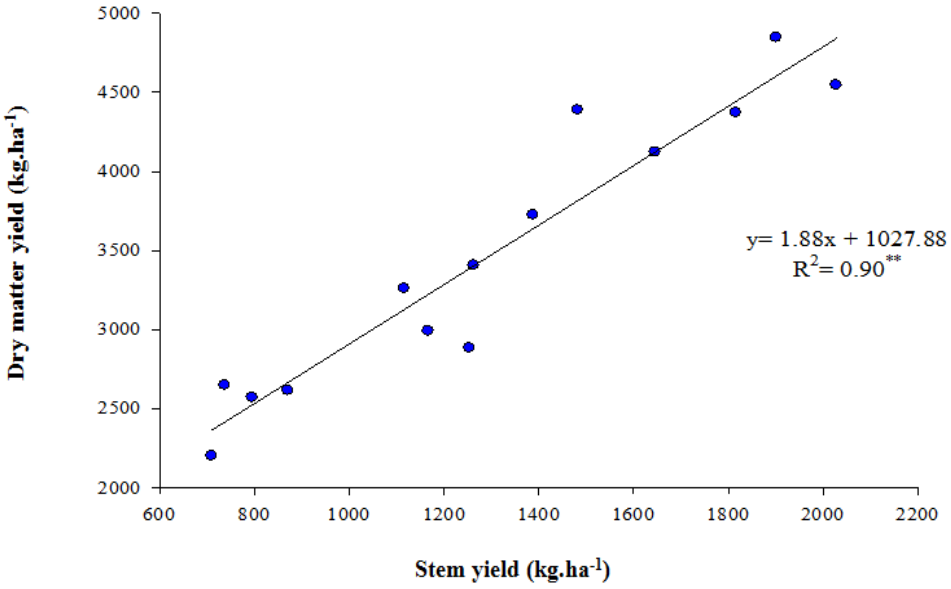
al., 2008) سبب افزایش فتوسنتز و در نهایت بهبود ماده خشک مرزه گردید. نتایج پژوهشی که بر روی نوعی تاج‌ریزی (*Solanum retroflexum* L.) انجام شد نشان داد که کاربرد کودهای دامی باعث افزایش عملکرد کل اندام‌های هوایی خشک گیاه گردید (Azeez et al., 2010).

رابطه بین عملکرد ماده خشک با عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ماده خشک مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Fig. 1- Relationship between flowering shoot yield and dry matter yield of summer savory affected by different fertilizers



شکل ۲- رابطه بین عملکرد ساقه و عملکرد ماده خشک مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Fig. 2- Relationship between stem yield and dry matter yield of summer savory affected by different fertilizers

با توجه به همبستگی بالایی که بین عملکرد سرشاخه گلدار و ماده خشک ($r^2= 0.92^{**}$) و همچنین عملکرد ساقه و ماده خشک ($r^2= 0.90^{**}$) مشاهده می‌شود در تیمارهای مختلف افزایش در عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه باعث افزایش در عملکرد ماده خشک نیز شده است. نتایج مشابهی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گزارش شده است (Aghhavani Shajari, 2012).

ارتفاع بوته

اثر کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه کاربرد کود دامی به دست آمد (جدول ۴). یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، کودهای آلی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند. در بین تیمارهای کودی مختلف، بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه اعمال تیمار ورمی‌کمپوست به دست آمد، اگر چه با بقیه تیمارها به جز شاهد و ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). از آن‌جایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه است، به نظر می‌رسد که گیاهان تحت تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بودند، در حالی‌که میزان مواد غذایی در کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بود. در تیمار ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به نظر می‌رسد که به دلیل رقابت ریزموجودات بر سر استقرار و مواد غذایی و یا تأثیر منفی (اثر ضدیتی) آن‌ها بر همدیگر به دلیل ترشح مواد بازدارنده خاص، هنگامی که با هم به‌کار برده شدند، گیاهان از نظر ارتفاع بوته اختلافی با شاهد نشان ندادند. برهمکنش کود دامی و تیمارهای مختلف کودی بر ارتفاع مرزه معنی‌دار نشد (جدول ۳)، اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی حدود پنج درصد این ویژگی را افزایش داد (جدول ۵). در آزمایشی تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر ارتفاع گیاه رازیانه گزارش شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). در برخی منابع به تأثیر مثبت کودهای بیولوژیکی در رشد گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) (Vital et al., 2002) و رزماری (Leithy et al., 2006) گزارش شده است.

تعداد شاخه جانبی

اثر کود دامی بر تعداد شاخه جانبی مرزه معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۳)، به طوری‌که صفت مذکور در نتیجه کاربرد کود دامی مقدار بیشتری نسبت به حالت عدم کاربرد آن داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها حاکی از این بود که در بین تیمارهای کودی مختلف، تیمار ترکیبی نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور بیشترین تعداد شاخه جانبی را ایجاد نمود که با تیمار ورمی‌کمپوست، بیوسولفور و کود شیمیایی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نبود (جدول ۳)، اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی این ویژگی را حدود ده درصد افزایش داد (جدول ۵). در شرایط یکسان محیطی، فراهم شدن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و متعاقباً تعداد شاخه فرعی گیاه شود (Tahami et al., 2010). در آزمایشی مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش شاخه‌های فرعی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Jahan & Koocheki, 2004). در پژوهشی دیگر، تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*)، افزایش معنی‌داری را در تعداد گل و شاخه در گیاه دارویی رزماری سبب شد (Abdelaziz et al., 2007).

عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، کود دامی و تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد کود دامی باعث افزایش ویژگی یاد شده گردید (جدول ۴) که علت آن را می‌توان به تأمین کافی و مناسب تمامی عناصر مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد توسط کود دامی نسبت داد (Tahami et al., 2010)، که شرایط مطلوب برای رشد و افزایش وزن گیاه را فراهم می‌نماید. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه در نتیجه تلقیح با کود زیستی بیوسولفور به دست آمد (جدول ۴).

اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار در درجه اول در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه تلقیح با نیتروکسین و در درجه دوم در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور و بیشترین عملکرد ساقه از کاربرد کود دامی به همراه بیوسولفور و همچنین از کاربرد کود دامی به همراه نیتروکسین به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود گاوی و نوع کود بر برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه

Table 5- Mean comparisons of cattle manure and fertilizer types interaction on some measured characteristics of summer savory

	تیمار Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branch	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار) Flowering shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})
کاربرد کود دامی Application of cattle manure	نیتروکسین Nitroxin	47.333^{ab*}	18.667^{bcd}	2085^{a}	1901.0^{a}	1.90^{bc}	4845.7^{a}
	بیوسولفور Biosulfur	47.833^{ab}	20.500^{bc}	1962^{ab}	2028.0^{a}	1.36^{gh}	4545.3^{ab}
	بیوفسفر Biophosphor	49.333^{a}	19.667^{bcd}	1949^{ab}	1816.0^{ab}	1.50^{fg}	4371.0^{ab}
	نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	45.500^{bcd}	23.000^{a}	2040^{a}	1482.2^{bcd}	2.10^{a}	4387.2^{ab}
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	49.500^{a}	19.833^{bcd}	1461^{cd}	1387.9^{cd}	2.00^{ab}	3725.2^{cd}
	کود شیمیایی NPK	49.333^{a}	23.000^{a}	1640^{bc}	1645.5^{abc}	1.30^{h}	4122.3^{bc}
	شاهد Control	45.667^{bc}	19.667^{bcd}	1122^{def}	1254.0^{cde}	1.80^{cd}	2883.3^{ef}
عدم‌کاربرد کود دامی No application of cattle manure	نیتروکسن Nitroxin	45.333^{bcd}	16.000^{e}	1092^{ef}	795.8^{fg}	1.70^{de}	2569.3^{fg}
	بیوسولفور Biosulfur	46.833^{b}	19.833^{bcd}	1618^{bc}	1263.3^{cde}	1.53^{fg}	3406.3^{de}
	بیوفسفر Biophosphor	45.833^{bc}	17.833^{de}	1322^{cdef}	737.8^{g}	1.90^{bc}	2647.9^{fg}
	نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	43.833^{cd}	21.167^{ab}	1097^{ef}	871.3^{efg}	1.50^{fg}	2614.6^{fg}
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	47.667^{ab}	18.667^{bcd}	1239^{def}	1166.9^{def}	1.63^{ef}	2989.9^{ef}
	کود شیمیایی NPK	46.500^{b}	19.667^{bcd}	1441^{cde}	1116.6^{defg}	1.30^{h}	3259.8^{de}
	شاهد Control	43.167^{d}	18.167^{cde}	1000^{f}	710.3^{g}	1.50^{fg}	2200.9^{g}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different ($p\leq 0.05$).

گزارش شد که کاربرد توأم کودهای آلی با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری *Thiobacillus* از طریق بهبود وضعیت خاک، افزایش اکسایش گوگرد و افزایش کربن آلی خاک، باعث افزایش زیست‌توده تولیدی ذرت (*Zea mays* L.) گردید (Mohamadi-Ariya et al., 2010).

درصد اسانس

درصد اسانس مرزه تحت تأثیر کود دامی قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۳). بالا بودن درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی را شاید بتوان به تأثیر عمومی و مثبت این کودها بر ویژگی‌های رشدی گیاه نسبت داد. به عبارت دیگر، درصد نسبتاً بالای اسانس در گیاهان تحت تیمارهای کود آلی به خاطر نمود بهتر گیاه مثلاً تولید سطح برگ و ماده خشک بیشتر در اثر مصرف این کودها دانست (Tahami, 2010). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) گزارش نمودند که در شرایط تلقیح با مایکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. آنها دلیل این امر را به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند. نتایج مطالعه شباهنگ و همکاران

(Shabahng et al., 2014) نشان داد که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت.

اثر کاربرد تیمارهای کودی مختلف بر درصد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد اسانس در نتیجه استفاده از ورمی‌کمپوست، نیتروکسین، بیوفسفر و ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به دست آمد (جدول ۴). اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر درصد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین درصد اسانس در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به دست آمد (جدول ۵). در پژوهشی بر روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مشاهده شد که مقدار درصد اسانس گیاه با مصرف کود گاوی افزایش یافت (Aghhavani Shajari, 2012). نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر درصد اسانس گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) بیشتر از کودهای شیمیایی بود (Gharib et al., 2008).

همبستگی صفات مورد مطالعه با عملکرد ماده خشک

برای تعیین عملکرد ماده خشک با معیارهای اندازه‌گیری شده، ضرایب همبستگی خطی برای هر یک از آن‌ها محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ منعکس شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود برخی صفات مطالعه شده با عملکرد ماده خشک همبستگی مثبت و معنی‌دار و برخی فاقد همبستگی هستند. در بین صفات مورد مطالعه عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد ماده خشک نشان دادند.

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 6- Correlation of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	عملکرد ساقه Stem yield	درصد اسانس Essential oil	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
ارتفاع بوته Plant height	1					
تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	0.24^{ns}	1				
عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	0.55^{*}	0.45^{ns}	1			
عملکرد ساقه Stem yield	0.71^{**}	0.47^{ns}	0.82^{**}	1		
درصد اسانس Essential oil	-0.07^{ns}	-0.11^{ns}	0.13^{ns}	0.04^{ns}	1	
عملکرد ماده خشک Dry matter yield	0.67^{**}	0.50^{ns}	0.96^{**}	0.95^{**}	0.10^{ns}	1

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و ورمی‌کمپوست، به تنهایی و یا در ترکیب با کود دامی، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزه، تأثیری مثبت داشته است. عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها، شرط

اصلی سالم و طبیعی بودن آن‌ها است، بنابراین، با توجه به پاسخ مثبت گیاه دارویی مرزه به کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک، به نظر می‌آید که به‌کارگیری این کودها ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیز نداشتن عواقب سوء زیست‌محیطی، روشی مناسب برای تولید سالم و پایدار این گونه محصولات می‌باشد.

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici cluj-Napoca 35: 86-90.

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

Aghhavani Shajari, M. 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). MSc Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D., and Shuster, W. 2000. Effect of vermicomposts and composts in horticultural container media and soil. Pedo Biologia 44: 579-590.

Azeez, J.O., Van Averbeke, W., and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology 101: 2499-2505.

Azzaz, N.A., Hassan, E., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral Fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 579-587.

Bachman, G.R., and Metzeger, J.D. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biologia 32: 419-423.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand 11 pp.

Garcia, O. 1991. Isolation and characterization of *Aciditiobacillus thiooxidans* and *Aciditiobacillus ferrooxidans* from mineral minees. Revista Berasileira de Microbiologia 20: 1-6.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agricultura and Biology 10(4): 381-387.

Ghost, B.C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environment and Pollution 102: 123-126.

Jahan, M., and Koocheki, A. 2004. Effect of organic production of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) on its chemical composition. Pajouhesh and Sazandegi 61: 87-95. (In Persian with English Summary)

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kartikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Bionterfaces 62: 143-145.

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 127-137. (In Persian with English Summary)

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Research 2: 773-779.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil

content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Mohamadi-Ariya, M., Lakziyan, A., and Haghniya, G. 2010. Evaluation of *Thiobacillus* bacteria and *Aspergillus* inoculum effect on corn growth. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 82-89. (In Persian)

Murty, M.G., and Ladha, J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281-285.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants, Vol. III. Astanghods Razavi Publisher, Mashhad. (In Persian)

Pieri, C. 1989. Fertilite des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche eet de development agricole au sud-du sahara. Ministere de la cooperation et CIRAD-IRAT (Eds.) Paris 444 pp.

Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobecteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol Research 156: 145-149.

Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63.

Rupela, O.P., and Tauro, P. 1973. Utilization of thiobacillus to reclaim alkali soils. Soil Biology and Biochemistry 5: 899-901.

Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. Bioresource Technology 99: 8699-8704.

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with Mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Tahami, S.M.K. 2010. Evaluation of the effects of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). MSc Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Tahami, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2: 70-82. (In Persian with English Summary)

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Shilpi Mittal, A., Tripathi, K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Vesquez, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., and Bashan, Y. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. Tehran University Publisher, Tehran, Iran. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 190-201

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۰۱-۱۹۰

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان

کوروش مجد سلیمی[1*]، ابراهیم امیری[2] و شهرزاد شایگان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۰۱

چکیده

یکی از عوامل اصلی در استفاده بهینه از آب برای تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری آب است. در این پژوهش میزان بهره‌وری آب در شش باغ چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) فاریاب و سه باغ دیم (بدون آبیاری) در شرایط مدیریت کشاورز طی دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ ارزیابی شد. میزان عملکرد هر باغ در برداشت‌های متوالی، اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک به روش وزنی و با استفاده از معادله بیلان آب در دوره رشد انجام گرفت. حجم آب ورودی به سیستم آبیاری و حجم آب رسیده به سطح زمین نیز اندازه‌گیری شد. میانگین عملکرد چای ساخته شده در باغ‌های تحت آبیاری و دیم به ترتیب برابر ۲۸۴۳ و ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب ناخالص (آبیاری ناخالص و بارندگی مؤثر) و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در باغ‌های آبیاری شده به ترتیب برابر ۴/۳۹ و ۴/۵۵ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی و میانگین بهره‌وری آب (تبخیر- تعرق واقعی) و بهره‌وری آب آبیاری واقعی به ترتیب برابر ۵/۱۸ و ۶/۶۱ کیلوگرم چای در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های دیم برابر ۳/۴ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر بود. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش بهره‌وری آب در وضعیت فعلی باغ‌های چای می‌توان به مدیریت داشت و برداشت (برگ‌چینی غیراستاندارد و با فواصل طولانی) نامناسب و مسائل اقتصادی اشاره نمود. علاوه بر این، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب و قدیمی بودن سیستم‌های آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری غیراصولی در باغ‌های چای تحت آبیاری نیز بر کاهش مقادیر این شاخص بسیار مؤثر بوده است. مقایسه نتایج این پژوهش با مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب در شرایط مصرف بهینه آب و کود در تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که با اجرای روش‌ها و مدیریت آبیاری مناسب و اعمال تدابیر داشت و برداشت اصولی می‌توان بهره‌وری آب را در باغ‌های چای ارتقاء داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری تکمیلی، باغ‌های دیم، عملکرد چای، کارآیی مصرف آب

مقدمه

با افزایش جمعیت و مصرف سرانه چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در کشور، تولید این محصول در مناطق چای‌کاری استان‌های گیلان و مازندران با دو چالش تولید بیشتر و مدیریت بهتر منابع محدود آب مواجه است (Majd Salimi, 2008). چالش تولید محصول بیشتر با محدودیت‌های فزاینده آب، افزایش تولید محصول به ازای واحد حجم آب مصرفی را می‌طلبد (Majd Salimi, 2012). شاخص بهره‌وری آب نشان‌دهنده میزان تولید (عملکرد) در ازای واحد آب مصرفی در واحد هکتار است. بهره‌وری آب آبیاری در گیاهان مختلف، متفاوت گزارش شده است. تغییرات این شاخص به طور عمده به عوامل اقلیمی، مدیریت آبیاری و کود نسبت داده می‌شود (Molden et al., 2001). بر اساس مطالعه‌ای برای محصولات عمده کشاورزی کشور، مقدار بهره‌وری آب در شرایط مدیریت کشاورز برای گندم (*Triticum aestivum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، یونجه (*Medicago sativa* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) به‌ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶ و ۰/۲۹ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب محقق مرکز تحقیقات چای کشور، دانشیار دانشگاه آزاد واحد لاهیجان و محقق مرکز تحقیقات چای کشور
(*- نویسنده مسئول: Email: k_majdsalimi@yahoo.com)

گزارش شده است (Hedari et al., 2008).

در حال حاضر کشت و تولید چای در دو استان گیلان و مازندران در سطحی معادل با ۳۲ هزار هکتار صورت می‌گیرد (Majd Salimi, 2008). برداشت محصول از باغ‌های چای که بیشتر در اراضی دیم و کوهپایه‌ای قرار دارند در ماه‌های اردیبهشت تا آبان هر سال انجام می‌شود و تأمین آب مورد نیاز آن‌ها به توزیع بارندگی منطقه بستگی دارد (Majd Salimi & Mirlatifi, 2008). با وجود بارندگی سالیانه حدود ۱۱۰۰ میلی‌متر در این مناطق، فقط ۳۰ درصد از این میزان به دوره برداشت چای تعلق دارد (Majd salimi, 2012).

با توجه به محدودیت آب و اراضی قابل کشت، مهم‌ترین راه افزایش تولید چای، افزایش عملکرد در واحد سطح و تولید به ازای واحد آب مصرفی (بهره‌وری آب) است. برای دستیابی به هدف افزایش بهره‌وری آب در مناطق چای‌کاری، اعمال مدیریت باغی (داشت و برداشت) و آبیاری مناسب، ضروری است (Carr, 2010b; Stephens & Carr, 1994). بنابراین، تأمین آب مورد نیاز بوته‌های چای با استفاده از آبیاری تکمیلی و اصول صحیح بهره‌برداری، مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسأله در بهبود و افزایش عملکرد این محصول به شمار می‌آید (Stephens & Carr, 1991a).

بر اساس مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف چای‌کاری، میزان بهره‌وری آب بین ۰/۱۵ تا ۰/۹ کیلوگرم چای آماده در هکتار به ازای هر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است که این تغییرات به نوع سیستم آبیاری، میزان بارندگی و آبیاری، نوع کلون، میزان و نوع کود مصرفی، فصل، شرایط آب و هوایی، عملیات داشت و برداشت و سن بوته‌ها بستگی داشت (Stephens & Carr, 1991a; 1991b).

در مطالعه انجام شده طی دوره هشت ساله، دامنه تغییرات عملکرد خالص سالانه به آب مصرفی واقعی برای کلون ۶/۸ در شرایط بدون آبیاری و آبیاری کامل با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب بین ۲/۳ تا ۵/۳ و ۲/۷ تا ۴/۶ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی گزارش شد (Carr, 2010b).

در مناطق چای‌کاری ایران تاکنون مطالعه‌ای برای تعیین بهره‌وری آب در تولید محصول چای در شرایط مدیریت کشاورز انجام نشده است. نتایج برخی از تحقیقات صورت گرفته در شرایط مصرف بهینه آب و کود، بهره‌وری آب را در وضعیت دیم بین ۲/۱ تا ۶/۷ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی (بارندگی) و در وضعیت آبیاری کامل بین ۴/۶ تا ۸/۷ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آب مصرف (بارندگی و آب آبیاری) نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این تحقیقات، تغییرات بهره‌وری آب به عوامل آب و هوایی (دمای بالا و کمبود رطوبت نسبی هوا)، مقدار کود نیتروژن کاربردی و دور آبیاری بستگی داشت (Majd Salimi et al., 2011; Majd Salimi, 2010). این پژوهش به منظور تعیین مقادیر عملکرد، آب مصرفی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب در باغ‌های چای استان گیلان، تحلیل عوامل مدیریتی داشت و برداشت و آبیاری در شرایط مدیریت باغ‌دار انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در نه باغ منتخب در شرایط مدیریت کشاورز در دوره رشد گیاه چای در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. انتخاب باغ‌های چای مورد نظر، بر اساس تفکیک کل اراضی چای‌کاری به سه منطقه چای‌کاری شرق، مرکز و غرب انجام گرفت. در هر منطقه دو باغ چای در شرایط فاریاب دارای آبیاری بارانی کلاسیک و یک باغ در شرایط دیم (بدون آبیاری) به صورت تصادفی خوشه‌ای انتخاب شدند. سه باغ چای دیم منتخب شامل باغ WS (منطقه غرب)، CN (منطقه مرکزی) و EM (منطقه شرق) بودند.

برای انتخاب باغ‌های چای تحت آبیاری، با توجه به این‌که در حال حاضر فقط از سیستم‌های آبیاری بارانی از نوع کلاسیک نیمه-متحرک (با جابه‌جایی دستی) و ثابت- آب‌پاش متحرک و در موارد محدودی از نوع کلاسیک تمام ثابت در اراضی چای‌کاری استفاده می‌شود. هم‌چنین به دلیل خرده مالکی بسیار زیاد در باغ‌های چای (بیشتر از ۹۵ درصد باغ‌های چای دارای مساحت کمتر از یک هکتار می‌باشند) و اجرای برخی از پروژه‌های آبیاری به صورت گروهی (بهره‌برداری مشاع)، نمونه‌ها برای ارزیابی سیستم آبیاری طوری انتخاب شد (تصادفی خوشه‌ای) تا شامل همه موارد فوق گردد. بر این اساس، سیستم‌های منتخب شامل دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابه‌جایی دستی) با مدیریت انفرادی (CG و CK)، یک سیستم آبیاری ثابت با مدیریت انفرادی (WA)، دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک با مدیریت انفرادی (WB و ED) و یک سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک با مدیریت گروهی یا بهره‌برداری مشاع (EP) بود. جدول ۱ مشخصات کلی باغ‌های دارای سیستم آبیاری مورد ارزیابی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات باغ‌های چای با سیستم آبیاری بارانی
Table 1- Tea fields profile with sprinkler irrigation system

نام باغ Farmer's fields	منطقه Region	سیستم آبیاری Irrigation system	مساحت (هکتار) Area (ha)	منبع آب Water source	فواصل آب‌پاش‌ها (متر در متر) Sprinkler spacing (m×m)	تعداد آب‌پاش در حال کار Number of sprinkler operation
WA	فومن Fouman	سیستم ثابت αSolid set	0.3	چاه سطحی Shallow well	15×12	3
WB	فومن Fouman	سیستم ثابت αSolid set	9	چاه عمیق Deep well	29×22	6
CG	لاهیجان Lahijan	سیستم نیمه‌متحرک @Semi-portable	0.5	چاه سطحی Shallow well	15×15	4
CK	لنگرود Langeroud	سیستم نیمه‌متحرک @Semi-portable	1.5	چاه نیمه‌عمیق Semi-deep well	15×15	5
EP	رودسر Roudsar	سیستم ثابت αSolid set	15	چاه عمیق Deep well	18×18	20
ED	رودسر Roudsar	سیستم ثابت αSolid set	1.8	چاه نیمه‌عمیق Semi-deep well	18×15	6

@: سیستم آبیاری از نوع جابه‌جایی لوله فرعی با دست
Irrigation system of hand-move laterals
α: سیستم آبیاری از نوع جابه‌جایی آب‌پاش با دست
Irrigation system of hand-move sprinklers

آزمایش‌های لازم جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ابتدای آزمایش برای نه باغ منتخب تعیین (جدول ۳) و اندازه‌گیری کیفیت آب آبیاری برای شش باغ دارای سیستم آبیاری (جدول ۲) انجام شد.

برای تعیین بهره‌وری آب در باغ‌های چای، نیاز به مشخص نمودن نسبت عملکرد چای ساخته شده به میزان آب مصرفی است لذا وزن عملکرد برگ سبز چای در برداشت‌های متوالی در دوره رشد چای (فروردین تا آبان) برای تمام باغ‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از ضریب تبدیل ۰/۲۲۵ (Anonymous, 2008) به عملکرد چای ساخته شده تبدیل گردید.

برای شش باغ منتخب دارای سیستم آبیاری بارانی کلاسیک، حجم ناخالص آب ورودی به سیستم آبیاری در طی دوره کم‌آبی (تیر و مرداد) به وسیله کنتور حجمی نصب شده در ابتدای سیستم آبیاری، اندازه‌گیری شد. در زمان آبیاری، میانگین دبی خروجی از آب‌پاش‌ها با استفاده از چند شیلنگ و ظروف مدرج ۲۰ یا ۴۰ لیتری وکرنومتر اندازه‌گیری گردید و با ضرب آن در تعداد آب‌پاش‌های در حال کار، حجم آب خروجی از آب‌پاش (آب آبیاری کاربردی) تعیین گردید. برای محاسبه هدر رفت احتمالی آب از محل اتصالات و شیر خودکارها (به علت خرابی و فرسودگی اتصالات) از تفاوت حجم ناخالص آب ورودی به سیستم و حجم آب آبیاری خارج شده از آب‌پاش‌ها استفاده شد.

در هر بار آبیاری برای اندازه‌گیری میزان آب رسیده به سطح زمین، در ابتدا لوله‌های جانبی در محل مناسبی از سیستم انتخاب شدند و سپس قوطی‌های جمع‌آوری آب (قوطی‌های آلومینیومی به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر داخلی ده سانتی‌متر) در شبکه‌های ۳×۳ (بین دو آب‌پاش دارای فشار متوسط) قرار داده شدند. در مدت آزمایش حجم آب جمع شده در قوطی‌ها به وسیله استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت گردید. همچنین یکی از ظروف مذکور که در شروع آزمایش دارای حجم مشخصی آب بود دور از آب‌پاش‌ها و در شرایطی مشابه با سایر ظروف اندازه‌گیری، برای تخمین میزان تبخیر از ظروف طی مدت آزمایش قرار داده شد. مدت زمان و تقویم آبیاری و مقدار آب اختصاص داده شده در طول دوره رشد، مطابق نظر باغدار بوده و تغییری در آن اعمال نگردید.

میزان بارندگی در هر منطقه با استفاده از دستگاه باران‌سنج نصب شده در محل، اندازه‌گیری و ثبت گردید. اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک در تمام باغ‌های منتخب با استفاده از روش نمونه‌گیری وزنی و معادله بیلان رطوبتی خاک (معادله ۱) در طول دوره رشد انجام گرفت.

$$I+P-(ETa+Dd+Ro)=\Delta S \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، I و P: به ترتیب مقدار آب آبیاری و بارندگی مؤثر،

ETa، Dd و Ro: به ترتیب مقدار تبخیر- تعرق واقعی، عمق آب زهکشی شده و رواناب و ΔS تغییرات ذخیره رطوبت خاک است (واحدها بر حسب میلی‌متر می‌باشد).

در این تحقیق، برای باغ‌های چای منتخب در شرایط دیم (WS، CN و EM)، تولید به ازای واحد بارندگی مؤثر یا بهره‌وری آب مصرفی ناشی از بارندگی مؤثر (WPp) از معادله (۲) محاسبه شد:

$$WP_p = \frac{Y}{P}$$ معادله (۲)

در شرایط آبیاری بارانی تکمیلی (باغ‌های WA، WB، CG، CK، EP و ED)، بهره‌وری آب ناخالص (آب آبیاری ناخالص ورودی به سیستم و بارندگی مؤثر) و بهره‌وری آب واقعی (تبخیر- تعرق) (WUEI+P) تعیین گردید (معادله ۳).

$$WP_{(I+P)} = \frac{Y}{V_{(I+P)}}$$ معادله (۳)

همچنین، در باغ‌های تحت آبیاری، قطعه‌ای به مساحت ۱۰۰ مترمربع (با مدیریت داشت و برداشت یکسان) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد، سپس با استفاده از معادله (۴)، بهره‌وری آب مصرفی ناشی از آبیاری در اضافه عملکرد نسبت به شرایط دیم (قطعه شاهد) یا بهره‌وری آب آبیاری[1] (IWP) محاسبه گردید.

$$IWP = \frac{dY}{Vi}$$ معادله (۴)

در معادلات (۲)، (۳) و (۴)، Y: عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار)، P: بارندگی مؤثر (میلی‌متر یا مترمکعب) V(I+P): حجم ناخالص آب مصرفی یا مجموع ناخالص آب آبیاری و بارندگی مؤثر (میلی‌متر یا مترمکعب)، dY: اختلاف عملکرد هر باغ تحت آبیاری با قطعه شاهد در همان باغ (کیلوگرم در هکتار) و Vi: حجم ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر یا مترمکعب) می‌باشد. علاوه بر موارد فوق، عملیات داشت، برداشت و مدیریت‌های به‌زراعی که توسط باغدار طی دوره بهره‌برداری در باغ‌ها انجام شد، ثبت و مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

جداول ۲ و ۳ نتایج حاصل از آزمایش کیفیت آب و خاک در باغ‌های چای منتخب مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. آب تمام سیستم‌ها از چاه تأمین شده و در طبقه‌بندی ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، در کلاس C_2-S_1 قرار داشتند. بافت خاک در تمام باغ‌های چای از نوع لومی- رسی- شنی یا لومی- شنی بود که برای تولید چای بسیار مناسب است. در مورد عمق توسعه ریشه (۰/۶ تا ۰/۸ متر) در بوته‌های چای باید عنوان نمود چای گیاهی چندساله است و در شرایط طبیعی رشد ریشه‌های آن طی سال‌های بهره‌برداری تقریباً ثابت است. از نظر میزان عناصر فسفر و پتاسیم در خاک نیز تقریباً همه باغ‌ها در وضعیت مناسبی قرار داشتند. پرمصرف‌ترین و ضروری‌ترین کود مورد نیاز در باغ‌های چای کود نیتروژن از منبع اوره است زیرا تولید برگ‌ها و شاخساره‌های چای (محصول) منجر به تخلیه نیتروژن از خاک می‌گردد.

در بین باغ‌های آبیاری شده، کمترین مقدار مصرف کود اوره مربوط به باغ‌های WA و CG (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود و در سایر باغ‌ها، کود اوره بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت مخلوط با خاک به کار برده شد. پخش کود اوره در باغ‌های دیم بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط کشاورزان انجام شد. به طور کلی، تمامی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک باغ‌های منتخب در محدوده مجاز قرار داشته و برای آبیاری بارانی محدودیت کاربردی نداشتند.

بهره‌وری آب در باغ‌های دیم

همان‌طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان بارندگی مؤثر اندازه‌گیری شده در دو سال اجرای آزمایش به ترتیب مربوط به باغ‌های CN، WS و EM بود. در هر سه منطقه میزان بارندگی در سال ۱۳۸۹ کمتر از سال ۱۳۸۸ اندازه‌گیری و ثبت گردید (جدول ۳). با توجه به آمار بارندگی ثبت شده در هر منطقه و سایر اطلاعات هواشناسی ثبت شده طی دوره رشد در برخی از ایستگاه‌های تحقیقاتی چای نزدیک به باغ‌های منتخب نظیر دمای هوا و کمبود اشباع هوا (شکل‌های ۱ و ۲) می‌توان بیان کرد که شدت و مدت زمان خشکسالی در سال ۱۳۸۹ بیشتر از سال ۱۳۸۸ بود.

1- Irrigation water productivity

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب آبیاری باغ‌های چای فاریاب
Table 2- Irrigation water quality characteristics in irrigated tea fields

نام باغ Farmer's fields	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس در متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	بی‌کربنات HCO^{-3}	کربنات O_3^{-2}	کلر Cl^-	نسبت جذبی سدیم SAR	طبقه‌بندی[1] Class
		(میلی‌اکی‌والان در لیتر) ($meq.L^{-1}$)								
WA	0.635	6.2	1.26	2.5	0.9	0.9	0	0.32	0.96	C_2-S_1
WB	0.515	6.5	1.35	2.1	2.4	1.6	0	0.30	0.90	C_2-S_1
CG	0.754	6.9	1.46	2.4	1.2	1.9	0.15	0.34	1.10	C_2-S_1
CK	0.696	6.8	1.44	1.9	0.8	3.1	0.20	0.32	1.24	C_2-S_1
EP	0.718	6.9	1.49	1.1	2.6	4.0	0.10	0.40	1.09	C_2-S_1
ED	0.685	7.1	1.48	1.3	2.8	2.2	0.18	0.41	1.03	C_2-S_1

۱ـ طبقه‌بندی بر اساس روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا است.
1- The method is based on soil classification laboratory of America

جدول ۳- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در باغ‌های چای مورد آزمایش
Table 3- Physico-chemical characteristics of soil in experimental tea fields

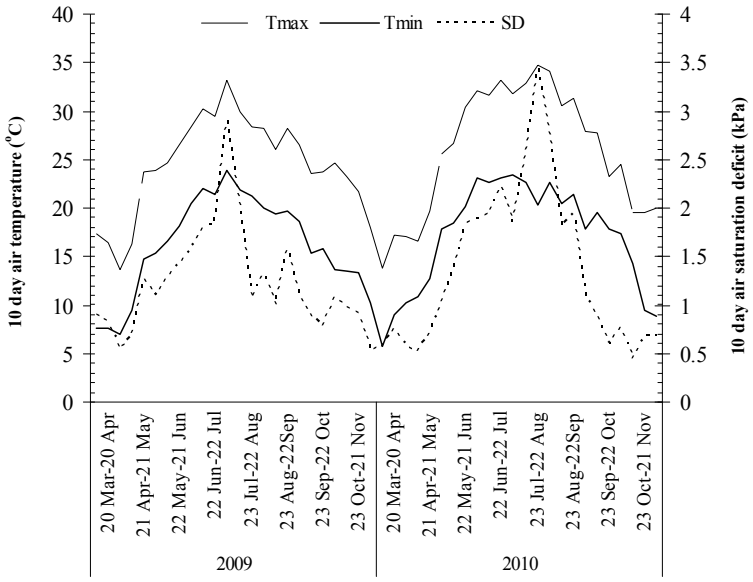
ویژگی Characteristic	باغ‌های چای آبیاری‌شده Irrigated tea fields						باغ‌های چای دیم Rain fed tea fields		
	WA	WB	CG	CK	EP	ED	WS	CN	EM
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)*	0.35	0.33	0.32	0.48	0.14	0.31	0.30	0.25	0.42
اسیدیته pH*	4.1	4.3	4.9	5.1	4.7	4.9	4.5	4.2	3.9
کربن آلی (درصد) OC (%)**	1.8	2.5	2.2	2.1	2.0	2.3	2.4	1.9	1.8
نیتروژن کل (درصد) Total N (%) **	0.17	0.21	0.19	0.17	0.16	0.20	0.25	0.13	0.21
فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Absorbable P (ppm)**	120	14	95	75	11	140	41	10.5	32
پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Absorbable K (ppm)**	240	203	185	112	114	186	206	117	98
بافت خاک Soil texture*	S.C.L	S.C.L	S.L	S.C.L	S.C.L	S.C.L	S.L	S.L	S.C.L
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density ($g.cm^{-3}$)*	1.38	1.41	1.40	1.37	1.36	1.34	1.42	1.46	1.35
ظرفیت زراعی (درصد وزنی) Field capacity (% W)*	20.9	19.7	18.1	20.4	22.5	22.3	19	18.2	20
حد پژمردگی دائم (درصد وزنی) PWP (% W) *	10.1	8.9	9.1	9.8	12.2	10	9.2	8.8	11.1
عمق توسعه ریشه (متر) Root depth (m)*	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.8
نفوذپذیری نهایی (میلی‌متر بر ساعت) Infiltration rate ($mm.hr^{-1}$)**	20	18	17	19	18	16	15	19	16

* این مقادیر مربوط به میانگین اعداد در سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر است.
* These values are the mean of three soil depth.
** اعداد مربوط به این پارامترها متعلق به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک است.
** These values are related to 30 cm of soil depth.

جدول ٤- میزان عملکرد، بارندگی مؤثر، بهره‌وری آب (بارندگی مؤثر) در باغ‌های چای دیم منتخب

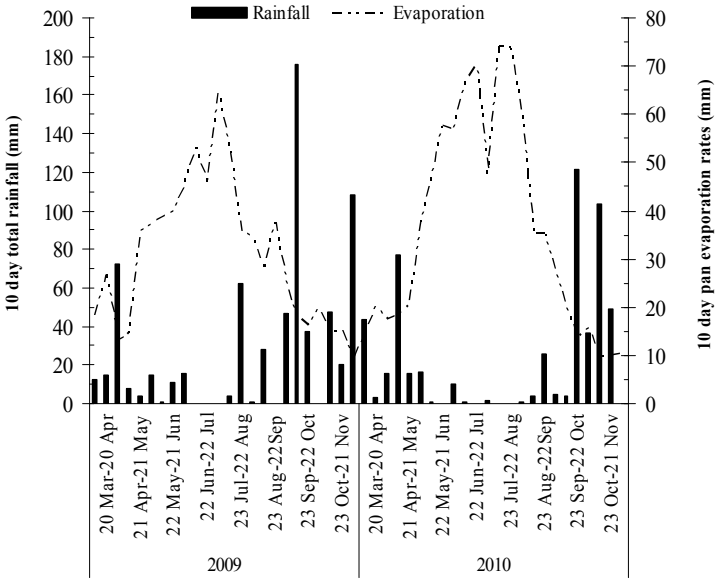
Table 4- Amount of yield, effective rainfall and water productivity in rainfed tea fields

نام باغ Farmer's fields	سال Year	مساحت (هکتار) Area (ha)	عملکرد برگ سبز (کیلوگرم در سطح کشت) Yield of green leaf (kg per area farms)	عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار) Yield of made tea ($kg.ha^{-1}$)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)	بهره‌وری آب بارندگی مؤثر (کیلوگرم در هکتار بر میلی-متر) WP_p ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
WS	2009	9	46080	1152	320	3.6
	2010		37752	944	286	3.3
CN	2009	1.5	9960	1494	390	3.8
	2010		8060	1209	345	3.5
EM	2009	0.42	1897	1016	308	3.3
	2010		1412	757	261	2.9
		میانگین دو سالانه Average of 2 years		1095	318	3.4



شکل ۱- میانگین (ده روزه) دمای حداکثر و حداقل هوا و کمبود فشار بخار اشباع هوا در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Fig. 1- 10 days average of maximum and minimum of air temperature and air saturation deficits at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010



شکل ۲- میانگین (ده روزه) بارندگی و تبخیر از تشت در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Fig. 2- 10 days average of total rainfall and pan evaporation rates at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010

دمای هوای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمبود فشار بخار اشباع بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (شکل ۱)، بارندگی بسیار اندک و تبخیر زیاد (شکل ۲) در ماه‌های تیر و مرداد این موضوع را تأیید می‌نماید. بر این اساس، کاهش عملکرد در سال دوم آزمایش در هر سه باغ دیم منتخب قابل انتظار بود.

با مشاهده میزان عملکرد و بارندگی مؤثر در باغ‌های چای بدون آبیاری در دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (جدول ۴) می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط زیادی بین این دو عامل وجود دارد. به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد چای در دو سال آزمایش (۱۴۹۴ و ۱۲۰۹ کیلوگرم در هکتار) متعلق به باغ CN با بارندگی ۳۹۰ و ۳۴۵ میلی‌متر بود. همچنین مدیریت داشت مناسب مانند مقدار و نحوه مناسب مصرف کود نیتروژن، انجام هرس‌های مورد نیاز، برداشت اصولی و به موقع برگ سبز چای در دوره رشد باعث گردید تا میزان عملکرد در این باغ بیشتر از سایر باغ‌های دیم گردد.

کمترین میزان عملکرد چای ساخته شده نیز در سال دوم آزمایش (۹۴۴ و ۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از باغ‌های WS و EM با میزان بارندگی ۲۸۶ و ۲۶۱ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی، تنش آبی ناشی از کمبود میزان بارندگی و تنش محیطی هوا نظیر دمای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (Tanton, 1982) و کمبود فشار بخار اشباع هوا بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (Tanton, 1982) در برخی از ساعات روز در ماه‌های تیر و مرداد (شکل ۱) باعث شد تا میزان تولید برگ و شاخساره‌های چای (به عنوان عملکرد) کاهش زیادی یابد و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یابد.

نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین عملکرد چای ساخته شده در تمام باغ‌های دیم منتخب برابر ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار بود که با احتساب میانگین بارندگی مؤثر ۳۱۸ میلی‌متر در کل دوره رشد به دست آمد. بنابراین، میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های چای بدون آبیاری را می‌توان برابر ۳/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر در نظر گرفت.

در شرایط آزمایش تحقیقات قبلی، این شاخص برابر ۳/۱ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر (Majd Salimi & Mirlitifi, 2008) و در تحقیقی دیگر برابر با ۳/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر (Majd Salimi et al., 2011) گزارش شد. بهره‌وری آب در باغ‌های چای تانزانیا و مالاوی در فصل

گرم و خشک بین ۲/۱ تا ۳/۹ کیلوگرم بر هکتار به ازای هر میلی‌متر آب بارندگی گزارش شده است (Carr, 2010b).

به طور کلی، می‌توان بیان کرد که علاوه بر شرایط و عوامل آب و هوایی مؤثر در تولید محصول و بهره‌وری آب، تأثیر مدیریت داشت و تدابیر برداشت در باغ‌های چای دیم بسیار حائز اهمیت است. از ویژگی‌های مثبت و منفی مدیریتی مؤثر بر بهره‌وری آب در این باغ‌های چای می‌توان به این موارد اشاره نمود. استفاده از بقایای هرس سطحی بوته‌های چای به عنوان خاک‌پوش در هر سه باغ که باعث حفظ رطوبت و افزایش مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب بارندگی شد. ایجاد حجم و سطح گسترش تاج مناسب برای بوته‌های چای که موجب کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت آن گردید (فقط در باغ‌های WS و CN). تدابیر برداشت به موقع و اصولی، وجود درختان سایه‌انداز (باغ CN)، نوع و مقدار کود مصرفی به ویژه کودهای اوره و سولفات پتاسیم، همچنین میزان سواد (تحصیلات)، مهارت و دانش فنی کشاورز و مسائل اقتصادی (خرید به موقع و با قیمت مناسب برگ سبز چای) که در اداره امور مربوط به داشت و برداشت باغ چای نقش مناسبی داشت. آلوده بودن یکی از باغ‌های چای (WS) به نماتد مولد زخم ریشه که باعث کاهش عملکرد و بهره‌وری آب گردید. سن زیاد بوته‌ها (بیشتر از ۴۵ سال) در هر سه باغ چای که ممکن است باعث کاهش عملکرد مورد انتظار (عملکرد اقتصادی) و بهره‌وری آب شده باشد.

بهره‌وری آب در باغ‌های آبیاری شده

مقادیر مربوط به عملکرد، میزان مصرف آب آبیاری ناخالص و بارندگی مؤثر در جدول ۵ و مقادیر بهره‌وری آب ناخالص و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص برای باغ‌های چای آبیاری شده در دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی ناخالص در باغ ED به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). حجم ناخالص آب ورودی به سیستم آبیاری این باغ، مقدار ۳۴۵۰ و ۳۹۱۷ مترمکعب آب برای آبیاری هر هکتار را در ماه‌های تیر و مرداد دو سال آزمایش نشان می‌دهد (جدول ۵). با در نظر گرفتن میزان بارندگی مؤثر، مقادیر مربوط به بهره‌وری آب ناخالص در این شرایط برابر ۰/۵۱۶ و ۰/۵۲۴ کیلوگرم در مترمکعب در هکتار به دست آمد (شکل ۴). مقادیر مربوط به بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در دو سال آزمایش برابر ۰/۵۷۵ و ۰/۵۴۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب حجم ناخالص آب آبیاری بود (شکل ۳).

نوع سیستم آبیاری (کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک)، مدیریت داشت (به خصوص میزان و نحوه پخش کود مورد نیاز) و تدابیر برداشت مناسب و در نتیجه عملکرد بیشتر، همچنین برنامه آبیاری مؤثر و کارآمد و بهره‌برداری مناسب از سیستم آبیاری و در نتیجه تلفات کمتر آب (حدود ۲۰ درصد) از مهم‌ترین دلایل افزایش نسبی شاخص‌های کارآیی در این باغ بود.

جدول۵- میزان عملکرد برگ چای ساخته شده، عملکرد قطعه شاهد، بارندگی مؤثر و حجم آب آبیاری ناخالص در باغ‌های چای فاریاب

Table 5- Green leaf and made tea yield, yield of control, effective rainfall and gross irrigation water volume in irrigated tea fields

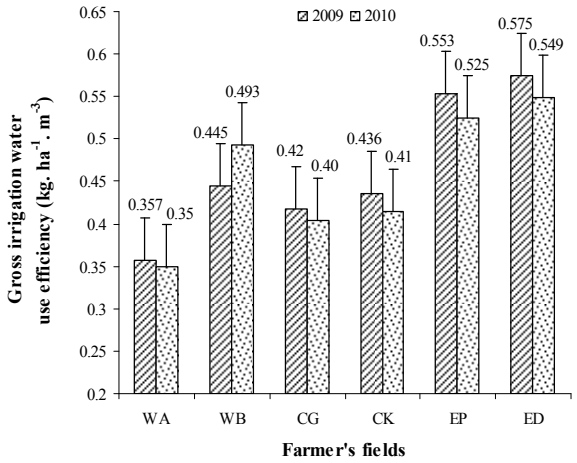
نام باغ Farmer's fields	سال Year	عملکرد برگ سبز (کیلوگرم در سطح کشت) Yield of green leaf (kg in area farms)	عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار) Yield of made tea ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد شاهد[α] (کیلوگرم در هکتار) Yield of control ($kg.ha^{-1}$)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)	آب آبیاری ناخالص (مترمکعب) Gross irrigation water (m^3)
WA	2009	2425	1819	1204	320	1720
	2010	2242	1686	1075	286	1950
WB	2009	128128	3203	1486	320	3857
	2010	139968	3499	1324	286	4412
CG	2009	5637	2537	1387	390	2768
	2010	5155	2405	1264	345	2820
CK	2009	19413	2912	1520	390	3189
	2010	18573	2786	1295	345	3106
@ EP	2009	1402	3156	1358	308	3250
	2010	1474	3318	1302	261	3840
ED	2009	26952	3369	1383	308	3450
	2010	27400	3425	1275	261	3917
میانگین دو سالانه (Average of 2 years)			2843	1322	318	3140

@: کل مساحت این باغ ۱۵ هکتار (بهره‌برداری مشاع یا گروهی) بود که مقادیر عملکرد برگ و مصرف آب مربوط به قطعه ۱۰۰۰ مترمربعی مورد آزمایش است.

@: The total area of this tea field (With the group operation) was 15 hectares, that the amount of green leaf yield and water consumption relate to 1000 m^2 is tested.

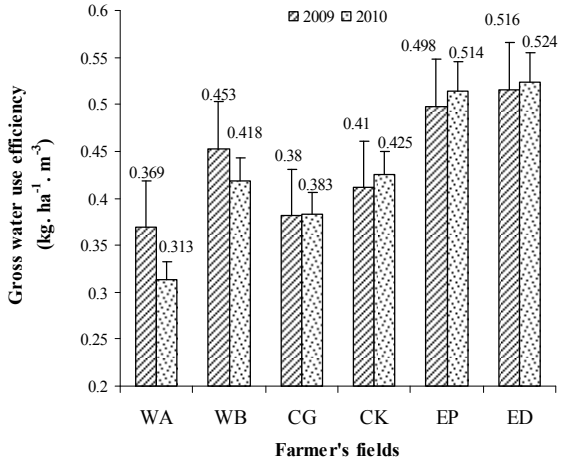
α: مقادیر عملکرد چای ساخته شده در این ستون مربوط به برداشت از قطعه ۱۰۰ مترمربعی به عنوان شاهد است.

α: Yield of made tea in this column relate to the harvest of 100 m^2 as control.



شکل ۳- میزان بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری

Fig. 3- Gross irrigation water productivity in irrigated tea fields



شکل ٤- میزان بهره‌وری آب ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری
Fig. 4- Gross water productivity in irrigated tea fields

جدول ٦- حجم آب آبیاری واقعی، تبخیر- تعرق، بهره‌وری آب آبیاری واقعی و بهره‌وری آب واقعی در باغ‌های چای تحت آبیاری
Table 6- Actual irrigation water volume, evapotranspiration, actual irrigation water productivity and actual water productivity in irrigated tea fields

نام باغ Farmer's fields	سال Year	آب آبیاری واقعی (متر مکعب) Actual irrigation water (m^3)	تبخیر- تعرق (میلی‌متر) ET* (mm)	بهره‌وری آب آبیاری واقعی (کیلوگرم بر هکتار بر مترمکعب) Actual irrigation WP$^{\alpha}$ ($kg.ha^{-1}.m^{-3}$)	بهره‌وری آب واقعی (کیلوگرم بر هکتار بر مترمکعب) Actual WP ($kg.ha^{-1}.m^{-3}$)
WA	2009	1070	427	0.574	0.426
	2010	1110	397	0.550	0.424
WB	2009	2458	566	0.698	0.566
	2010	3000	586	0.725	0.597
CG	2009	1832	573	0.632	0.442
	2010	1950	540	0.605	0.445
CK	2009	2100	600	0.663	0.485
	2010	1986	544	0.710	0.512
EP	2009	2540	562	0.707	0.561
	2010	3060	567	0.659	0.580
ED	2009	2792	587	0.711	0.573
	2010	3081	569	0.698	0.602
میانگین دو سالانه Average of 2 years		2248	543	0.661	0.518

*: تبخیر- تعرق (Evapotranspiration = ET) و α: بهره‌وری آب (Water productivity=WP)

به طور کلی، بهره‌وری آب در باغ‌هایی که دارای سیستم آبیاری بارانی ثابت- آب‌پاش متحرک بودند بیشتر از سایر سیستم‌های آبیاری حاصل گردید. بر این اساس پس از باغ ED بیشترین میزان بهره‌وری آب متعلق به باغ‌های EP و WB بود (با تلفات ۲۰ و ۳۴ درصدی آب آبیاری). برنامه آبیاری بهتر و مؤثرتر در ماه‌های تیر و مرداد (دوره خشکی) در این سه باغ سبب شد تا با تأمین نیاز آبی گیاه و تعدیل تنش‌های محیطی (دمای بالا و کمبود فشار بخار هوا) تا حد بسیار زیادی رشد و تولید شاخساره‌های چای افزایش و در نتیجه میزان بهره‌وری آب افزایش یابد.

کمترین میزان دو سالانه بهره‌وری آب واقعی (جدول ۶) و بهره‌وری آب ناخالص (شکل ۴) مربوط به باغ‌های WA، CK و CG بود. علی‌رغم این‌که باغ WA دارای سیستم آبیاری تمام ثابت بود اما

آبدهی کم منبع تأمین آب (چاه سطحی) و عدم تأمین مناسب نیاز آبی بوته‌های چای در دوره کم‌آبی (ماه‌های تیر و مرداد) سبب شد تا کمترین میزان عملکرد و در نتیجه بهره‌وری آب در این باغ حاصل شود. سیستم آبیاری در دو باغ CK و CG از نوع بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابه‌جایی دستی) بود. تلفات آب از محل اتصالات لوله‌های آلومینیومی (به ترتیب ۳۵ و ۳۲/۵ درصد) باعث شد تا با توجه به محدودیت دسترسی به آب در این دو باغ، آب آبیاری به اندازه نیاز گیاه تأمین نشود و رشد شاخساره‌های چای (عملکرد) و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یابد.

نتایج و مشاهدات مؤید این نظریه است که یکی از مهم‌ترین دلایل پایین بودن مقادیر بهره‌وری آب در این مناطق عدم استفاده از اصول علمی به‌زراعی و تدابیر صحیح برداشت چای و در نتیجه کاهش عملکرد است. از عوامل مهم دیگر مؤثر بر این کاهش می‌توان به قدیمی بودن و بهره‌برداری و نگهداری غیراصولی از سیستم آبیاری و در نتیجه افزایش میزان تلفات آب، همچنین به تأثیر میزان دانش فنی و مسائل اقتصادی کشاورزان اشاره نمود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میانگین حجم آب آبیاری مصرفی ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری حدود ۳۱۴۰ مترمکعب در هر هکتار است که از این میزان معادل ۸۹۲ مترمکعب آن (۲۸ درصد) به عنوان تلفات پاششی (ناشی از تبخیر) و نفوذ عمقی (ناشی از توزیع غیریکنواخت و نشت آب از شیر خودکارها و اتصالات دیگر آبیاری) محسوب می‌شود و در نتیجه میانگین حجم آب آبیاری واقعی برابر ۲۲۴۸ مترمکعب در هکتار خواهد بود (جدول ۶). با احتساب میانگین بارندگی مؤثر ۳۱۸ میلی‌متر در کل دوره رشد چای، میانگین تبخیر- تعرق (مجموع آب آبیاری مصرفی واقعی و بارندگی مؤثر) در این شرایط حدود ۵۴۳ میلی‌متر برآورد می‌شود (جدول ۶). با توجه به میانگین عملکرد چای ساخته شده در شرایط آبیاری (۲۸۴۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قطعه شاهد یا بدون آبیاری (۱۳۲۲ کیلوگرم در هکتار)، بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص به ترتیب برابر ۰/۴۳۹ و ۰/۴۵۵ مترمکعب در هکتار (شکل‌های ۳ و ۴) و بهره‌وری آب و آب آبیاری واقعی برابر ۰/۵۱۸ و ۰/۶۶۱ مترمکعب در هکتار (جدول ۶) برآورد گردید. نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که با مصرف بهینه آب و کود و اعمال مدیریت داشت و تدابیر برداشت اصولی و مناسب می‌توان بهره‌وری آب را تا حدود ۰/۷۲ کیلوگرم چای ساخته شده بر مترمکعب ارتقاء داد (Majd Salimi, 2012).

به طور کلی می‌توان بیان کرد که با در نظر گرفتن سطح زیر کشت و نیاز آبی (حجم آب مصرفی) گیاه چای در مناطق چای‌کاری شمال کشور، بدیهی است که عدد حاصل برای گیاه چای با مقدار واقعی متوسط بهره‌وری آب کشوری و کشورهای چای‌خیز متفاوت بوده و مقدار آن کمتر به دست آمد و گویای آن است که شاخص مذکور در مناطق چای‌کاری در سال‌های اخیر، ارتقاء نیافته و ذکر عدد تقریبی ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای شاخص کارآیی بر اساس نتایج حاصله از متوسط مصرف آب کشاورزی ایران (Hedari et al., 2006)، شاید صحیح نبوده و این عدد برای گیاه چای کم‌تر می‌باشد. نتایج بررسی همچنین نشان داد که مهم‌ترین عامل در افزایش بهره‌وری آب، مدیریت باغی به خصوص داشت و برداشت بوده و مهارت و دانش فنی کشاورزی، نقش کلیدی در این زمینه ایفا می‌نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری تکمیلی به روش بارانی می‌تواند باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری آب به ترتیب به میزان ۱۵۹ و ۲۹ درصد نسبت به باغ‌های دیم (بدون آبیاری) شود. بهره‌وری آب و آب آبیاری در باغ‌هایی که دارای سیستم آبیاری ثابت- آب‌پاش متحرک بودند بیشتر از سایر سیستم‌ها به دست آمد. بنابراین، برای تولید اقتصادی محصول و بهینه‌سازی مصرف آب در باغ‌های چای ضروری است تا از سیستم آبیاری بارانی برای تأمین نیاز آبی در ماه‌های کم‌آبی (تیر و مرداد) استفاده گردد. هم‌چنین، اعمال مدیریت صحیح داشت و برداشت به خصوص استفاده از بقایای هرس سالیانه به عنوان خاک‌پوش به منظور افزایش بهره‌وری آب در باغ‌های چای، بسیار ضروری است.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مصوب با عنوان "برآورد شاخص کارآیی مصرف آب در باغ‌های چای و بررسی مسایل فنی و مدیریتی لازم به منظور بهبود آن" به شماره ثبت ۸۸۰۰۶-۲۱-۲۱-۲ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی است که با امکانات مرکز تحقیقات چای کشور در

مناطق مختلف چای‌کاری استان گیلان اجرا گردیـد. بـدین وسـیله از تمامی دوستان همکار در اجرای پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Anonymous. 2008. Tea-Black Tea-Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No. 623, 9 pp. (In Persian)

Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. I. Water relations. Experimental Agriculture 46(3): 327-349.

Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. II. Water productivity. Experimental Agriculture 46(3): 351-379.

Hedari, N., Eslami, A., Ghadami Furouzabadi, A., Kanoni, A., Asadi, M.E., and Khajeh Abdollahi, M.H. 2006. Determination and evaluation of agricultural water productivity of some major crops in different regions of Iran (Regions: Kerman, Hamedan, Moghan, Golestan, Khuzestan). Agricultural Engineering Research Institute, Iran 85 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 133 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K. 2008. Investigation and study of irrigation systems development and water use efficiency problems in tea fields. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 60 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., Salvatian, S.B., and Rezaeii, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran. Journal of Water and Soil 24(6): 1129-1141. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., and Mirlatifi, S.M. 2008. Tea (*Camellia sinensis* L.) yield response to irrigation and nitrogen fertilizer applications, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 12(44): 39-50. (In Persian with English Summary)

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., and Makin, I. 2001. A water productivity framework for understanding and action. Workshop on Water Productivity. Wadduwa, Sri Lanka, 12-13 November 2001.

Stephens, W., Burgess, P.J., and Carr, M.K.V. 1994. Yield and water use of tea in southern Tanzania. Aspects of Applied Biology 38: 228-230.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experimental Agriculture 27: 177-191.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experimental Agriculture 27: 193-210.

Tanton, T.W. 1982. Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia sinensis* L.). I. Effects of air temperature. Experimental Agriculture 18: 47-52.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 202-214

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۱۴-۲۰۲

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود)

حنانه آقاصفری[1*] و محمد قربانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۲۹

چکیده

هدف این مطالعه بررسی مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده با استفاده از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و بهره‌گیری از مدل توبیت به روش دو مرحله‌ای هکمن می‌باشد. برای دستیابی به هدف مورد نظر تعداد ۱۰۰ پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، از کشاورزان حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود شهرستان مشهد در سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که سن، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری مثبت و جنسیت، کل سطح زیر کشت، شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر تصمیم به تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده هستند. همچنین سن، نوع فعالیت کشاورزی، محصولات زیر کشت، کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه، از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری مثبت و پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده هستند. نتایج همچنین نشان داد که میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در هکتار در طول سناریوها افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌های مطالعه، پیشنهادهایی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آب آلوده، ارزش‌گذاری مشروط، مدل توبیت، مشارکت مالی کشاورزان

مقدمه

توسعه کشاورزی برای پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا، امری اجتناب‌ناپذیر است. اما در کنار آن، پیامدهایی ناخواسته و نامطلوب برای زندگی انسان‌ها و محیط زیست رخ می‌دهند که نیازمند چاره‌جویی و اصلاح می‌باشند. از جمله مهم‌ترین پیامدهای نامطلوب توسعه کشاورزی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است (Ongley, 2003). در ارتباط با منابع آلاینده آب به ویژه در بخش کشاورزی مطالعات متعددی توسط حبیب‌زاده (Habibzadeh, 2005)، ناصری و همکاران (Naseri et al., 2006)، فاریابی و همکاران (Faryabi et al., 2006) و ناصری و علیجانی (Naseri & Alijani, 2007) به ترتیب در شمال دریاچه ارومیه، حوضه آبخیز قره‌سو (گلستان)، دشت باغ ملک و دشت ایذه خوزستان انجام شده است که نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بر اثر استفاده از کود و سموم شیمیایی در این مناطق تغییرات سطح آنیون‌ها و به ویژه نیترات در اندازه‌گیری‌ها قابل رؤیت می‌باشد.

سموم و کودهای شیمیایی از زمین‌های کشاورزی به منابع آب راه پیدا می‌کنند که حدود ۱۵ درصد علت آلودگی آب را شامل می‌شود. سموم کشاورزی به طور مستقیم بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند ولی در مورد کودهای آلی وقتی این کودها به مقدار زیاد وارد خاک گردد، مازاد آن توسط آب‌های خروجی و به طریق زهکشی وارد رودخانه‌ها و یا دریاچه‌ها شده و با تأمین غذای جلبک‌ها باعث رشد سریع آن‌ها می‌شود. تجزیه این مواد سبزینه‌ای اکسیژن آب را مصرف و باعث مرگ موجودات آبزی شده و تدریجاً آب‌های ساکن با اجساد آن‌ها اشغال می‌گردد و سپس تجزیه توسط باکتری‌های هوازی آغاز می-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: h.aghasafari@yahoo.com)

شود. با کاهش اکسیژن باکتری‌های بی‌هوازی فعال می‌شوند که نتیجه فعالیت این باکتری‌ها اصطلاحاً مرگ رودخانه است، نشانه‌هایی که به وسیله آن‌ها می‌توان شرایط بی‌هوازی یا مرگ رودخانه را تشخیص داد (Ali Hosseini, 2011). همچنین مطالعات نشان می‌دهد که دور ریزی مایعاتی مانند فاضلاب شهری، فاضلاب‌های صنعتی و فاضلاب سیستم‌های سپتیک خانگی به خصوص ریختن آن در زمین‌های کشاورزی و دفع قانونی و یا غیرقانونی آن‌ها در منابع آب و سر ریز شدن و یا خرابی سیستم‌های فاضلاب، باعث آلودگی آب می‌شود (Ongley, 2003). جذب این آب آلوده توسط گیاهان سبب تهدید سلامت انسان در بلند مدت و ایجاد حساسیت‌ها در کوتاه مدت می‌شود. نتایج مطالعه معین‌الدینی و همکاران (Moinoddini et al., 2014) روی اثرات زیست‌محیطی سموم حشره‌کش مصرفی ثبت شده در کشور در سه سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰، ۸۳-۱۳۸۲، ۸۴-۱۳۸۳ با استفاده از شاخص تأثیر زیست‌محیطی نشان داد که بر اساس شاخص تأثیر زیست‌محیطی، بیشترین مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از سوم حشره‌کش در کشور به دلیل عدم شناخت مناسب و استفاده بیش از اندازه معدودی از حشره‌کش‌ها می‌باشد.

رودخانه کشف‌رود به عنوان مهم‌ترین عارضه فیزیوگرافی دشت مشهد، زهکش اصلی حوضه آبریز محسوب می‌گردد. این رودخانه یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های شمال شرق ایران محسوب می‌شود و نقش مهمی در تعادل زیستی، اکولوژی، اقتصادی و اجتماعی منطقه دارد. کاهش آبدهی مسیر رودخانه از یک سو و ورود انواع منابع آلاینده به داخل آن از سوی دیگر وضعیت کیفی آب رودخانه را در وضع موجود به مخاطره انداخته است. از جمله منابع آلاینده این رودخانه پساب کشاورزی اراضی حاشیه رودخانه و پساب حاصل از جوامع روستایی است که کشاورزان در ایجاد این آلاینده‌ها و آلودگی رودخانه دخیل هستند (Lashkaripour et al., 2010).

آلودگی آب رودخانه و در نتیجه آثار سوء این نوع رفتار منجر به تهدید سلامت انسان، سلامت آب و خاک و تهدید امنیت غذایی (کمیت و کیفیت تولید) می‌شود که لزوم مدیریت مطلوب در این حوزه را از طریق اصلاح این فرآیندها با مشارکت خود کشاورزان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، باید به نوعی رفتار کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد که در نهایت بتواند اصلاح یا کاهش آثار سوء زیست‌محیطی را در بر داشته باشد. به همین دلیل در این مطالعه تلاش می‌شود مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد. مطالعات داخلی و خارجی محدودی در ارتباط با هدف مطالعه انجام شده است که از اهم آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: چراغی (Cheraghi, 2013) به بررسی عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت کشاورزان مشهد برای بهبود کمیت و کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از الگوی توبیت و داده‌های مقطع زمانی ۱۹۵ نفر از کشاورزان در سال ۱۳۹۰ پرداختند. نتایج نشان داد که سن، درآمد کل، روش انتقال آب به شکل موتور پمپ، تغییر الگوی کشت و الگوی کشتی متناسب با منطقه بر میزان حداکثر تمایل به پرداخت برای افزایش کمیت آب زیرزمینی توسط کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس تأثیر معنی‌دار دارند. مالکیت اراضی بر میزان حداکثر تمایل به پرداخت برای بهبود کیفیت آب زیرزمینی توسط کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس تأثیر معنی‌داری دارند. میانگین حداکثر تمایل به پرداخت برای افزایش کمیت آب زیرزمینی در واحد حجم در سه گروه کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس به ترتیب ۳۰۹/۱۶، ۳۲۸/۳۶ و ۳۵۹/۶۱ ریال در هر مترمکعب می‌باشد. تانگ و همکاران (Tang et al., 2013) تمایل به پرداخت برای آب آبیاری در شمال شرقی چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط و تخمین مدل لاجیت نشان داد که خانوارها تمایل به پرداخت پایینی دارند. همچنین متغیرهای اندازه خانوارها و میزان قیمت پیشنهادی تأثیر منفی و متغیرهای درآمد، ناحیه مورد آبیاری (زمین)، نوع منبع آبیاری مورد استفاده، میزان رضایت از مدیریت آبیاری تأثیر مثبت و معناداری بر تمایل به پرداخت برای آب آبیاری دارند در حالی‌که متغیرهای جنسیت، سن و تحصیلات تأثیر معنی‌داری بر تمایل به پرداخت ندارد.

بایدو و همکاران (Baidoo et al., 2013) به بررسی و تخمین تمایل به پرداخت کشاورزان برای دسترسی به آب بهبود یافته برای کشاورزی در ناحیه شمال شرقی غنا پرداختند. نتایج با استفاده از آمار توصیفی و تخمین مدل رگرسیون لوجستیک نشان داد که ۷۹/۵ درصد پاسخگویان مایل به پرداخت برای بهبود سیستم آبیاریشان هستند. همچنین نوع محصول و متغیر مجازی فصل تأثیر مثبت و نوع خاک تأثیر منفی و معناداری بر تمایل به پرداخت دارد. در حالی‌که متغیرهای جنسیت، شغل اصلی، اندازه خانوار، تحصیلات، ناحیه تحت کشت و سایر فعالیت‌های اقتصادی تأثیر معناداری بر تمایل به پرداخت ندارد. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2011) در

مطالعه‌ای به ارزیابی منافع حاصل از کاهش آلودگی نیترات در آب‌های مصرفی شالی‌کاران استان گیلان با روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند. یافته‌ها مشارکت مالی ۵۴ درصد از بهره‌برداران در بهبود کیفی آب را نشان می‌دهد. به منظور انتفاع کشاورزان از سطوح پایین-تر آلودگی آب، میزان انتظاری تمایل به پرداخت معادل ۳۹۴۰۶۹ و ۴۳۷۸۵۵ ریال برای هر خانوار و در هر هکتار برآورد شده است. باغستانی و زیبایی (Baghestani & Zibaee, 2011) به اندازه‌گیری تمایل به پرداخت کشاورزان برای آب‌های زیرزمینی در منطقه مرودشت (دشت رامجرد) با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند. نتایج حاصل از تخمین الگوی رگرسیونی با استفاده از روش حداکثر (بیشینه) راست‌نمایی فاصله‌ای نشان داد که میانگین کلی تمایل به پرداخت ۹۴۷ ریال بر مترمکعب است. هم‌چنین نتایج نشان دادند که تمایل به پرداخت کشاورزانی که به طور تلفیقی از منبع آب زیرزمینی و آب سطحی استفاده می‌کنند کم‌تر از کشاورزانی است که فقط آب‌های زیرزمینی را در اختیار دارند. الگوی کشت، سطح زیر کشت شلتوک، درآمد و سن کشاورز و پراکندگی اراضی اثر معناداری بر تمایل به پرداخت نشان داده‌اند.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بیش‌تر این مطالعات به آلودگی آب‌های زیرزمینی توجه داشته‌اند و تمایزی بین عوامل مؤثر بر تصمیم به تمایل به پرداخت و عوامل مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت قائل نشده‌اند. بنابراین این مطالعه تلاش می‌کند با استفاده از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و الگوی توبیت، مشارکت مالی کشاورزان و عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت و میزان مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار دهد. این مهم خود شاخصی از درجه اهمیت آب به عنوان منبع پایه‌ای تولید محصولات کشاورزی را از منظر کشاورزان نشان می‌دهد که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های این حوزه مورد توجه برنامه‌ریزان این حوزه قرار گیرد و از مشارکت‌های مالی به عنوان ابزار اصلاح شرایط موجود آب و خاک استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای بررسی مشارکت مالی (تمایل به پرداخت) از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است. در این رهیافت، تمایل به پرداخت (WTP[1]) افراد برای حفظ وضع موجود و یا ایجاد تغییری مثبت در محیط زیست و همچنین تمایل به دریافت (WTA[2]) آن‌ها برای جبران از دست دادن یک منفعت زیست‌محیطی یا افزایش یک ضرر زیست‌محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این رهیافت، هر دو ارزش قابل استفاده و غیر قابل استفاده قابل ارزیابی هستند و به دلیل این ویژگی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pearce & Turner, 1990).

ارزش کالا و یا خدمت در روش ارزش‌گذاری مشروط، از طریق یک تکنیک استخراج، که مؤلفه مهم هر روش ارزش‌گذاری مشروط است، به دست می‌آید (Mitchell & Carson, 1989; Portney, 1994). تکنیک استخراج در مطالعات ارزش‌گذاری مشروط انواع مختلفی دارد. تاکنون از چهار نوع اصلی تکنیک‌های (رهیافت‌های) استخراج، موسوم به بازی پیشنهاد (BG[3])،کارت پرداخت (PC[4])، انتها باز یا سؤالات نامحدود (OE[5]) و انتخاب دو بخشی (DC[6])، در ادبیات موضوعی روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است (Boyle et al., 1996).

در این مطالعه به دلیل آن‌که کشاورزانی که مورد پرسش قرار گرفتند از اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده آگاه بودند و با پرداخت برای کاهش این آثار آشنا بودند، از تکنیک انتها باز استفاده شد. در واقع تکنیک انتها باز ساده‌ترین روشی است که می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این روش از فرد خواسته می‌شود تا بیشینه میزان مورد نظرش را گزینش و اعلام کند. در عین حال، تحلیل داده‌های به دست آمده از این روش بسیار ساده است.

به منظور بررسی مشارکت مالی کشاورزان در چارچوب تمایل به پرداخت برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده از الگوی توبیت به روش دو مرحله‌ای هکمن استفاده شده است. دلیل اصلی بهره‌گیری از این الگو، نقص الگوهای لاجیت و پروبیت در تمایز بین عوامل مؤثر بر اقدام به تصمیم و عوامل مؤثر بر میزان فعالیت است (Darijani, 1999; Tobin, 1958).

در الگوی توبیت زمانی می‌توان متغیر وابسته را مشاهده کرد که مقدار آن از حد خاصی بالاتر یا پایین‌تر باشد (Mcdonald &

1- Willingness to pay
2- Willingness to accept
3- Bidding game
4- Payment card
5- Open ended
6- Dichotomous choice

Moffitt, 1982). الگوی توبیت برآورد شده برای کشاورزان به صورت زیر است:

معادله (۱)

$$C_i^* = \beta' X_i + \varepsilon_i^* \quad C_i = C_i^* \quad if \quad C_i^* > 0$$
$$C_i = 0 \quad if \quad C_i^* \le 0$$

که در آن، β': بردار ارزش مشخصه‌ای، X_i: یک بردار رگرس‌کننده بیان‌گر متغیرهای توضیحی مدل شامل سن، جنسیت، تحصیلات، شغل اصلی، تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی، نوع فعالیت کشاورزی، پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، محصولات زیرکشت، کل سطح زیرکشت، کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشد. ε_i^*: نیز جز اخلال است. برای کشاورزی که تمایل به مشارکت دارد، C_i^*: سطح واقعی تمایل به مشارکت مالی است و برای کشاورزی که تمایل به مشارکت مالی ندارد، C_i^* صفر است.

برای ساخت شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، سه دیدگاه مبنی بر این‌که جلوگیری از شستشوی خاک موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود، جلوگیری از شستشوی خاک موجب کاهش آلودگی آب می‌شود و جلوگیری از شستشوی خاک موجب افزایش طول عمر سدها می‌شود، مطرح شد و میزان موافقت کشاورزان از کاملاً مخالفم تا کاملاً موافقم به ترتیب از یک تا پنج امتیازدهی شد. سپس مجموع امتیازهای این سه دیدگاه بر مجموع حداکثر میزان امتیاز سه دیدگاه تقسیم شد و مقدار به دست آمده به عنوان مقدار شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک به حساب آمد. همین‌طور برای شاخص موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، مجموع امتیازهای چهار دیدگاه مبنی بر این‌که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی موجب آلودگی آب می‌شود، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی موجب آلودگی خاک می‌شود، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی تهدیدی برای سلامتی انسان می‌باشد و استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی تهدیدی برای حشرات مفید می‌باشد، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز چهار دیدگاه تقسیم شد. برای شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود نیز، مجموع امتیازهای سه دیدگاه مبنی بر این‌که سیستم تصفیه فاضلاب از کارآیی لازم برخوردار نمی‌باشد، فاضلاب‌های شهری وارد کشف‌رود می‌شود و فاضلاب‌های روستایی وارد کشف‌رود می‌شود، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز سه دیدگاه تقسیم شد. همچنین شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس از تقسیم مجموع امتیازهای دو دیدگاه مبنی بر این‌که آبی که برای کشاورزی استفاده می‌کنید، از کیفیت خوبی برخوردار است و خاکی که برای کشاورزی استفاده می‌کنید، از کیفیت خوبی برخوردار است، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز دو دیدگاه به دست آمد و برای شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک نیز مجموع امتیازهای دو دیدگاه مبنی بر این‌که سرمایه‌گذاری برای حفظ منابع طبیعی به منظور استفاده جامعه و نسل‌های آینده ضرورت دارد و لو بخشی از درآمدها و استانداردهای زندگی ما از دست برود و داشتن پول زیاد برای من مهم‌تر از حفظ آب و خاک حوضه کشف‌رود است هر قدر هم که ثروتمند باشم، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز دو دیدگاه تقسیم شد.

مادالا (Madalla, 1983) معتقد است مشاهدات بالاتر از آستانه سانسور می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

معادله (۲)

$$E(C_i) = E(C_i | C_i^* > 0) = \beta' X + E(\varepsilon_i | \varepsilon_i > -\beta' X_i)$$
$$E(C_i | C_i^* > 0) = \beta' X + \delta \frac{\phi(\beta' X_i/\delta)}{\Phi(\beta' X_i/\delta)}$$

به گونه‌ای که $\Phi(\beta' X_i/\delta)$ و $\phi(\beta' X_i/\delta)$: به ترتیب تابع چگالی نرمال استاندارد و تابع چگالی تجمعی نرمال استاندارد در مقدار $(\beta' X_i/\delta)$ هستند. سمت چپ عبارت در معادله (۲) یعنی ارزش پیش‌بینی C_i^* را زمانی که $-\beta' X_i > 0$ باشد، نشان می‌دهد. $E(\varepsilon_i | \varepsilon_i > -\beta' X_i)$ در معادله (۲)، امید ریاضی جز خطاست، زمانی که از $-\beta' X_i$ بزرگ‌تر باشد.

تصریح توبیت این امکان را فراهم می‌آورد که تصمیمات مرتبط با تمایل به مشارکت مالی و سطوح مشارکت مالی برای انجام تصمیم به تمایل به مشارکت مالی مورد توجه قرار گیرد. مک دونالد و موفیت (Mcdonald & Moffitt, 1982) رابطه میان کل مشاهدات، میانگین مشاهدات بالای نقطه سانسور متغیر وابسته و احتمال بالای نقطه سانسور بودن را به صورت زیر بیان کردند.

معادله (۳)

$$E(C_i) = \Phi(Z) E(C_i^*)$$

معادله (۴) $$Z = \frac{\beta' x_i}{\delta}$$

روش دو مرحله‌ای هکمن بر این فرض استوار است که مجموعه‌ای از متغیرها تصمیم کشاورزان در مورد تمایل به مشارکت مالی و مجموعه دیگر میزان مشارکت مالی را پس از اتخاذ تصمیم تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این رهیافت، در مرحله اول الگوی پروبیت با استفاده از روش حداکثر راستنمایی برآورد می‌شود و عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی را بررسی می‌کند. برای برآورد الگوی پروبیت، مشاهدات مربوط به متغیر وابسته در بالای آستانه سانسور مساوی یک و سایر مشاهدات در پایین آستانه سانسور مساوی صفر قرار داده می‌شوند:

معادله (۵) $$Y_i = \beta' X_i + U_i \quad if \quad \begin{cases} i = 1 & Y_i > 0 \\ i = 0 & otherwise \end{cases}$$

در هنگام برآورد الگوی پروبیت، عکس نسبت میلز که برای برآورد مرحله دوم ضروری است نیز برآورد می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، متغیرهای مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت از طریق معادله رگرسیونی زیر بررسی می‌شود:

معادله (۶) $$Y_i = \beta' X_i + \delta\, imr + U_i$$

در مرحله دوم مجدداً مقادیر متغیر وابسته به حالت پیش از تغییر در مرحله اول تبدیل می‌شوند و مشاهداتی که متغیر وابسته آن‌ها در پایین آستانه سانسور قرار دارد، از جریان برآورد حذف می‌شوند.

در این مطالعه برای دستیابی به نمونه مطلوب متناسب با اهداف مطالعه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. دلیل استفاده از این روش آن است که جامعه مورد بررسی از تجانس و همگونی برخوردار بود. در نتیجه امکان استفاده از روش‌های دیگر مانند طبقه‌ای و ... وجود نداشت. همچنین برای تعیین تعداد نمونه‌ها از رابطه کوکران (Cochran, 1963) بهره گرفته شد. با توجه به این‌که حجم جامعه آماری (تعداد کشاورزان حوضه آبخیز کشف‌رود در سال ۱۳۹۲) به طور دقیق مشخص نیست. از این‌رو، به منظور تعیین حجم نمونه از رابطه زیر استفاده شد:

معادله (۷) $$n = \frac{t^2 s^2}{d^2}$$

در این رابطه، n: تعداد نمونه، d: دقت احتمالی مطلوب، s: انحراف معیار و آماره t برابر ۱/۹۶ می‌باشد. برای تعیین تعداد نمونه، یک پیش مطالعه انجام شد که در آن ۲۰ پرسشنامه تکمیل شد. نتایج بررسی این پیش مطالعه نشان داد که واریانس صفت مورد مطالعه (تمایل به پرداخت) برابر با ۰/۲۶ می‌باشد. بر این اساس با استفاده از رابطه فوق، حجم نمونه کل در این مطالعه با سطح خطای پنج درصد، ۱۰۰ تعیین شد. بنابراین، ۱۰۰ نفر از کشاورزان حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود به طور تصادفی انتخاب شده و کلیه پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه حضوری در سال ۱۳۹۲ تکمیل شد.

نتایج و بحث

نتایج مطالعه نشان داد که کشاورزان مورد بررسی به طور میانگین ۴۸ سال سن دارند. ۹۵ درصد آنان مرد هستند. به طور متوسط تقریباً پنج کلاس سواد دارند. کشاورزی شغل اصلی ۹۹ درصد آن‌ها را تشکیل می‌دهد. در خانواده آن‌ها تقریباً دو نفر فعالیت کشاورزی دارند. ۸۵ درصد آن‌ها به فعالیت زراعت مشغول‌اند و بقیه آن‌ها به باغداری می‌پردازند. آن‌ها به طور متوسط ۹۲۵۰۰۰ ریال پس‌انداز خالص دارند. ۶۹ درصد آن‌ها مالک زمین‌های خود می‌باشند. تنها ۱۴ درصد کشاورزان مورد بررسی تجربه انجام عملیات حفاظت خاک و آب را داشته‌اند. کشاورزان به طور متوسط سالانه دو محصول را در زمین خود کشت می‌کنند. کل سطح زیر کشت اختصاصی به محصولات به طور میانگین یک هکتار است. آن‌ها سالانه به طور متوسط حدود ۱۳ کیسه ۵۰ کیلویی کود شیمیایی و حدود پنج لیتر سموم شیمیایی مصرف می‌کنند.

در این مطالعه پنج سناریوی متفاوت لحاظ شده است. در هر سناریو برای مؤلفه‌های آلودگی آب، آلودگی خاک، تهدید سلامت انسان و تهدید حشرات مفید درصدهای متفاوتی از درجه تأثیرگذاری کاهش اثرات سوء آب آلوده در نظر گرفته شده است. کشاورزان در هر سناریو با توجه به کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی مربوط به آن سناریو، میزان مشارکت مالی خود را برای هر هکتار بیان نمودند. به طور مثال، در رابطه با سناریوی پنج از کشاورزان سؤال شد اگر آبی وجود داشته باشد که مصرف آن به کاهش ۸۰ درصدی آلودگی آب، کاهش ۸۰ درصدی آلودگی خاک، کاهش ۹۰ درصدی تهدید سلامت انسان و کاهش ۹۰ درصدی تهدید حشرات مفید منجر شود، آن‌گاه میانگین مشارکت مالی برای هر لیتر آب همسو با محیط زیست چقدر می‌شود.

نتایج مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین حداکثر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در هکتار در سناریوهای یک تا پنج به ترتیب ۱۳۴۵۰۰، ۱۷۹۵۰۰، ۲۲۵۵۰۰، ۲۷۱۰۰۰ و ۳۵۴۵۰۰ ریال می‌باشد.

جدول ۱- بررسی مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 1- Investigation of farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

اثرات Effects	سناریوها Scenarios				
	سناریو ۱ Scenario 1	سناریو ۲ Scenario 2	سناریو ۳ Scenario 3	سناریو ٤ Scenario 4	سناریو ٥ Scenario 5
کاهش آلودگی آب Reducing water pollution	20%	30%	50%	70%	80%
کاهش آلودگی خاک Reducing soil pollution	10%	30%	50%	70%	80%
کاهش تهدید سلامت انسان Reducing threaten human health	50%	70%	80%	85%	90%
کاهش تهدید حشرات مفید Reducing threaten beneficial insects	50%	70%	75%	75%	90%
متوسط مشارکت مالی (ریال در هکتار) Average financial participation ($Rial.ha^{-1}$)	134500	179500	225500	271000	354500

این بیانگر آن است که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوها افزایش می‌یابد و کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست-محیطی آب آلوده مایل به پرداخت مبلغ بیشتری هستند.

مرحله اول هکمن

نتایج حاصل از برآورد الگوی پروبیت (مرحله اول) در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب تعیین مک فادن (R^2) در این الگو در سناریوی یک برابر ۰/۳۵ است. درصد صحت پیش‌بینی مدل که ۸۱ درصد می‌باشد، رقم مطلوبی را نشان می‌دهد. مقدار آماره نسبت راستنایی (LR) که معنی‌داری کلی رگرسیون را نشان می‌دهد، بیانگر آن است که الگوی برآوردی از لحاظ آماری معنی‌دار است. آماره آزمون واریانس ناهمسانی نیز نشان‌دهنده رد نشدن فرضیه صفر مبنی بر وجود واریانس همسانی می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در سناریوی یک متغیرهای جنسیت، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک و ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب در سطح ده درصد، شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک در سطح پنج درصد و متغیرهای سن، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، کل سطح زیر کشت و شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و مؤثر بر تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشند. بر این اساس کشاورزان زن نسبت به کشاورزان مرد تمایل بیش‌تری به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارند. علت این رابطه را می‌توان مربوط به اختلاف فیزیولوژیکی میان مردان و زنان در ایجاد انگیزه برای تمایل به پرداخت و اهمیت بیش‌تر محیط زیست برای آن‌ها دانست.

تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه بر تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد کشاورزانی که سم بیش‌تری در سال مصرف می‌کنند هزینه بیش‌تری بابت خرید سم پرداخت می‌کنند بنابراین تمایل کم‌تری دارند که هزینه‌ای هم بابت کاهش اثرات سوء آب آلوده پرداخت کنند.

تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد که کشاورزان معتقدند که اگر از شستشوی خاک جلوگیری شود این امر منجر به کم‌تر آلوده شدن آب می‌شود و در نتیجه تمایل کم‌تری به مشارکت مالی دارند. تأثیر مثبت و معنی‌دار شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می-دهد ابراز و آگاهی کشاورزان از ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود منجر به نگرانی نسبت به اثرات سوء این آب آلوده

شده و تمایل به مشارکت مالی بیشتری را برای کاهش اثرات سوء آن ایجاد می‌کند. تأثیر منفی شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده بیانگر آن است که کشاورزان به دلیل داشتن درآمد پایین تمایل کم‌تری به سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک دارند. تأثیر مثبت و معنی‌دار متغیر سن بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده بیانگر آن است که با افزایش سن عموماً افراد خطر گریزتر می‌شوند و در نتیجه با پرداخت برای کاهش اثرات سوء آب آلوده به دنبال راهی در جهت کاهش اثرات سوء آب آلوده بر محیط زیست و سلامت خود هستند.

نتایج جدول ۲ نشان داد کشاورزانی که تجربه انجام عملیات حفاظتی آب و خاک را دارند تمایل کم‌تری به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده خواهند داشت. چرا که این کشاورزان قبلاً این عملیات را انجام داده‌اند در نتیجه کم‌تر تمایل به مشارکت و پرداخت دگر بار برای کاهش اثرات سوء آب آلوده خواهند داشت. تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر کل سطح زیر کشت بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد کشاورزانی که سطح زیر کشت بیشتری دارند هزینه بیش‌تری هم برای خرید کود و سموم شیمیایی صرف می‌کنند، بنابراین کم‌تر تمایل دارند که هزینه‌ای را هم صرف کاهش اثرات سوء آب آلوده کنند. از دیگر نتایج جدول تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشد. در واقع چنان‌چه کشاورزان موافق باشند که آب و خاک در دسترس آن‌ها از کیفیت خوبی برخوردار است کم‌تر تمایل خواهند داشت که مبلغی را برای کاهش اثرات سوء آب آلوده پرداخت کنند.

بر اساس نتایج جدول ۲ و مقادیر اثر نهایی متغیرهای معنی‌دار در سناریوی یک، افزایش یک سال به سن کشاورزان، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۰۲۳ واحد افزایش می‌دهد. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن ۰/۴۹ واحد کم‌تر است. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان دارای تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک نسبت به کشاورزانی که این تجربه را ندارند، ۰/۴۴ واحد کم‌تر است. همچنین با افزایش یک هکتار به زمین کشاورزان، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان ۰/۲۲ واحد کاهش می‌یابد. با افزایش یک لیتر سم مصرفی سالانه کشاورزان، احتمال تمایل مشارکت مالی کشاورزان ۰/۰۲۸ واحد افزایش می‌یابد. افزایش یک واحدی موافقت کشاورزان با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۲ واحد کاهش می‌یابد. با افزایش یک واحد موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان ۰/۷۲ واحد افزایش می‌یابد. یک واحد افزایش در موافقت کشاورزان با کیفیت مطلوب آب و خاک، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان ۱/۹۷ واحد کاهش می‌یابد و چنان‌چه یک واحد موافقت کشاورزان با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک افزایش یابد، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان ۰/۹۲ واحد کاهش می‌یابد.

نتایج مربوط به کشش در میانگین و کشش وزنی در جدول ۳ نشان داده شده است. از آن‌جا که کشش‌ها توابعی غیر خطی از مقادیر مشاهدات می‌باشند هیچ تضمینی وجود ندارد که تابع پروبیت از میانگین نمونه‌ها عبور نماید. بدین لحاظ محدودیتی در استفاده از کشش در میانگین وجود دارد (Whistler, 1999). بنابراین، در این مطالعه به تفسیر کشش کل وزنی پرداخته می‌شود. در سناریو یک، با فرض ثابت بودن سایر عوامل در خصوص تفسیر هر یک از متغیرها، با افزایش یک درصدی سن، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء سم شیمیایی ۲/۱۱ درصد افزایش می‌یابد. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن به میزان ۰/۶ درصد کم‌تر است. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزانی که تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک داشته‌اند نسبت به سایر کشاورزان ۰/۶۳ درصد کم‌تر است. یک درصد افزایش در سطح زیر کشت، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۷ کاهش می‌دهد. یک درصد افزایش در میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۲۶ درصد افزایش می‌دهد. یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را به ترتیب ۰/۸۱۶۱، ۲/۲۹ و ۱/۰۵ درصد کاهش می‌دهد و یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان به ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان را ۱/۰۰۰۹ درصد افزایش می‌دهد.

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد مرحله اول (مدل پروبیت) روش دو مرحله‌ای هکمن برای تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 2- The estimation results of first stage Heckman two-stage approach (probit model) to determine the farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل **Independent variables**	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ۴ Scenario 4		سناریو ۵ Scenario 5	
	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**
سن Age	0.066^{***}	0.023	0.056^{***}	0.022	0.06^{***}	0.024	0.075^{***}	0.028	0.069^{***}	0.024
جنسیت Sex	-0.99^{*}	-0.37	-1.59^{**}	-0.47	-1.38^{*}	-0.402	-0.69^{*}	-0.26	-0.79^{ns}	-0.21
تحصیلات Education	0.032^{ns}	0.011	0.033^{ns}	0.013	0.013^{ns}	0.0053	0.013^{ns}	0.0049	0.0053^{ns}	0.0019
شغل اصلی Main job	5.52^{ns}	0.25	5.35^{ns}	0.46	5.21^{ns}	0.52	4.42^{ns}	0.64	5.05^{ns}	0.69
تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Number of family members employed in agriculture	0.109^{ns}	0.037	0.16^{ns}	0.064	0.29^{*}	0.11	0.084^{ns}	0.031	0.11^{ns}	0.039
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.29^{ns}	0.084	0.84^{*}	0.29	0.99^{*}	0.35	0.49^{ns}	0.19	0.5^{ns}	0.19
پس‌انداز خالص کشاورزی Net savings of agriculture	-6.5×10^{7ns}	-2.3×10^{7}	-1.8×10^{7ns}	-7.3×10^{7}	1×10^{7ns}	4.1×10^{7}	$1.5\times10^{6*}$	5.7×10^{6}	$1.5\times10^{6*}$	5.3×10^{6}
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.61^{ns}	-0.22	-0.21^{ns}	-0.82	-0.66^{ns}	-0.24	-1.85^{**}	-0.34	-1.49^{**}	-0.28
تجربه به‌کار گیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.17^{***}	-0.44	-0.55^{*}	-0.21	-0.33^{ns}	-0.13	0.35^{ns}	0.13	0.26^{ns}	0.096
محصولات زیرکشت Under cultivation crops	-0.0024^{ns}	-0.00084	-0.32^{*}	-0.13	-0.43^{**}	-0.17	-0.19^{ns}	-0.069	0.078^{ns}	0.027
کل سطح زیرکشت Total area under cultivation	-0.63^{***}	-0.22	-0.63^{***}	-0.25	-0.61^{***}	-0.24	-0.086^{ns}	-0.033	-0.15^{ns}	-0.054
کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of fertilizer per year	$-.0082^{ns}$	-0.0028	-0.0021^{ns}	-0.00082	-0.011^{ns}	-0.0044	-0.0086^{ns}	-0.0032	-0.00052^{ns}	-0.00018
کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of chemical pesticides	0.082^{*}	0.028	0.095^{*}	0.038	0.057^{ns}	0.023	-0.0024^{ns}	-0.00089	-0.018^{ns}	-0.0063
شاخص۱ Index 1	-1.2^{*}	-0.42	-0.98^{*}	-0.39	-0.98^{*}	-0.39	-1.68^{*}	-0.63	-1.24^{*}	-0.44
شاخص ۲ Index 2	-0.96^{ns}	-0.33	-0.78^{ns}	-0.31	-1.08^{ns}	-0.43	0.66^{ns}	0.25	1.66^{***}	0.59
شاخص ۳ Index 3	2.093^{*}	0.72	0.84^{ns}	0.33	1.54^{*}	0.61	2.93^{***}	1.09	2.17^{*}	0.77
شاخص ۴ Index 4	-5.68^{***}	-1.97	-5.52^{***}	-2.19	-5.67^{***}	-2.26	-5.58^{***}	-2.07	-5.24^{***}	-1.85
شاخص ۵ Index 5	-2.66^{**}	-0.92	-2.5^{**}	-0.99	-2.25^{*}	-0.89	-3.17^{***}	-1.18	-2.78^{***}	-0.98
عرض از مبدأ Intercept	-1.43^{ns}		0.016^{ns}		-0.25^{ns}		-1.10^{ns}		-3.69^{ns}	
آزمون نسبت راست‌نمایی Likelihood ratio test	46.63^{***}		38.58^{***}		37.78^{***}		42.16^{***}		37.96^{***}	
مک فادن R^2 Mcfadden R-square	0.35		0.28		0.27		0.32		0.29	
درصد صحت پیش‌بینی Percentage of right predictions	0.81		0.72		0.72		0.79		0.79	
آزمون واریانس ناهمسانی Heteroskedasticity test	17.21 (0.5)		23.2 (0.2)		16.37 (0.57)		18.8 (0.39)		16.64 (0.55)	

مقادیر داخل پرانتز مقادیر بحرانی (سطح معنی‌داری) را نشان می‌دهد. (* معنی‌دار در سطح ده درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد، *** معنی‌دار در سطح یک درصد و ns بی‌معنی)

Values in parentheses shows critical value (significance level). (* Significant level of 10 percent, ** Significant level of 5 percent, *** Significant level of 1 percent and ns non significant)

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indexes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect the soil and water.

جدول ۳- کشش‌های مرحله اول (مدل پروبیت) روش دو مرحله‌ای هکمن برای تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 3- The elasticity of first stage Heckman two-stage approach (probit model) for Farmers' decisions to financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل Independent variables	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ٤ Scenario 4		سناریو ٥ Scenario 5	
	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity
سن Age	3.69	2.11	2.31	1.6	2.27	1.62	2.08	1.5	1.71	1.29
جنسیت Sex	-1.09	-0.6	-1.31	-0.9	-1.04	-0.74	-0.53	-0.39	-0.38	-0.3
تحصیلات Education	0.2	0.11	0.15	0.1	0.056	0.039	0.04	0.029	0.014	0.011
شغل اصلی Main job	6.35	3.55	4.59	3.18	4.07	2.9	2.52	1.87	2.56	2.0092
تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Number of family members employed in agriculture	0.25	0.14	0.27	0.19	0.44	0.32	0.095	0.072	0.11	0.088
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.29	0.15	0.62	0.48	0.67	0.46	0.24	0.18	0.22	0.17
پس‌انداز خالص کشاورزی Net savings of agriculture	-0.07	-0.034	-0.015	-0.01	0.0076	0.0054	0.082	0.054	0.072	0.049
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.66	-0.36	-0.17	-0.11	-0.48	-0.34	-0.99	-0.75	-0.71	-0.57
تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.17	-0.63	-0.42	-0.28	-0.22	-0.16	0.17	0.13	0.11	0.089
محصولات زیرکشت Under cultivation crops	-0.0076	-0.0043	-0.75	-0.51	-0.91	-0.64	-0.29	-0.21	0.11	0.081
کل سطح زیرکشت Total area under cultivation	-0.83	-0.47	-0.62	-0.44	-0.54	-0.41	-0.058	-0.045	-0.089	-0.072
کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of fertilizer per year	-0.12	-0.074	-0.024	-0.016	-0.12	-0.084	-0.066	-0.048	0.0035	0.0026
کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of chemical pesticides	0.45	0.26	0.39	0.26	0.21	0.15	-0.0065	-0.0048	-0.043	-0.033
شاخص۱ Index 1	-1.12	-0.61	-0.68	-0.47	-0.62	-0.44	-0.78	-0.57	-0.51	-0.39
شاخص ۲ Index 2	-1.012	-0.56	-0.61	-0.42	-0.77	-0.55	0.35	0.26	0.76	0.6
شاخص ۳ Index 3	1.8	1.0009	0.54	0.37	0.9	0.63	1.25	0.91	0.82	0.64
شاخص ۴ Index 4	-4.23	-2.29	-3.06	-2.09	-2.86	-2.019	-2.06	-1.55	-1.72	-1.37
شاخص ۵ Index 5	-1.91	-1.05	-1.34	-0.92	-1.093	-0.77	-1.13	-0.82	-0.88	-0.68
عرض از مبدأ Intercept	-1.67	-0.92	0.014	0.0097	-0.019	-0.14	-0.63	-0.46	-1.89	-1.47

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indoxes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing of soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect soil and water.

مرحله دوم هکمن

نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول ۴ نشان می‌دهد بر اساس ضریب تعیین (R^2) در سناریوی یک، ۵۸ درصد تغییرات میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده توسط متغیرهای معنی‌دار مدل توضیح داده می‌شود. میزان آماره دوربین واتسون نشان از عدم وجود خودهمبستگی در رگرسیون برآورد شده دارد. آزمون نرمالیته نیز حاکی از نرمال بودن مدل دارد. حضور عکس نسبت میلز در رگرسیون خطی، ناهمسانی مدل را رفع می‌کند و استفاده از الگوی خطی را ممکن می‌سازد.

نتایج نشان می‌دهد در سناریو یک، متغیرهای نوع فعالیت کشاورزی، پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، کل میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی سالانه در سطح ده درصد و متغیرهای سن، جنسیت، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، تعداد محصولات زیرکشت، کل سطح زیرکشت، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به کشف‌رود و شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و مؤثر بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشند. معنی‌داری متغیر عکس نسبت میلز نیز مبین آن است که متغیرهای مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی با متغیرهای تعیین‌کننده میزان مشارکت مالی یکسان نیست و تأییدی برای استفاده از روش دو مرحله‌ای هکمن است.

بر اساس نتایج برآورد الگوی رگرسیونی، در سناریو یک، افزایش یک سال به سن کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها برای کاهش اثرات سوء آب آلوده را ۲/۹۴ واحد افزایش می‌یابد. اضافه شدن یک نفر به کشاورزان مرد، میزان مشارکت مالی آنان را ۱/۰۰۹۶ واحد کاهش می‌دهد. البته این میزان مشارکت مالی در سناریوهای چهار و پنج که اثرات سوء را بیش‌تر کم می‌کند، افزایش می‌یابد. چرا که در سطوح بالای کاهش اثرات سوء، کشاورزان مرد به دلیل توانایی مالی بیش‌تر، به میزان بیش‌تری نسبت به کشاورزان زن مشارکت مالی دارند. اضافه شدن یک کشاورز به زارعین، میزان مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۱ واحد افزایش می‌یابد. این امر به دلیل تماس مستقیم بیش‌تر محصولات زیر کشت زارعین با آب و بنابراین مهم‌تر بودن کیفیت آب برای زارعین و در نتیجه بیش‌تر بودن میزان مشارکت مالی آن‌ها دانست. یک واحد افزایش در پس‌انداز خالص کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۰۳۳ واحد کاهش می‌دهد. البته این کاهش در سطوح پایین کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده اتفاق می‌افتد و در سطوح بالاتر کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده، میزان مشارکت مالی افزایش می‌یابد. اضافه شدن یک نفر به مالکین زمین‌های کشاورزی، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۵۲ واحد کاهش می‌دهد. زیرا مالکین زمین‌های کشاورزی مدعی هستند که امکانات نگهداری و سالم‌سازی آب مصرفی خود را دارند، در نتیجه به میزان کم‌تری مشارکت مالی دارند.

نتایج جدول ۴ همچنین نشان می‌دهد افزایش تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک کشاورزان سبب کاهش ۱/۲۸ واحدی میزان مشارکت مالی آن‌ها می‌شود. در واقع کشاورزانی که عملیات حفاظتی آب و خاک را قبلاً انجام داده‌اند برای آب آلوده کم‌تر حاضرند مبلغی پرداخت کنند. همچنین اضافه شدن یک محصول به محصولات زیرکشت کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۶۹ واحد افزایش می‌دهد. علت این افزایش را می‌توان مربوط به افزایش درآمد حاصل از فروش محصول اضافه شده دانست که توانایی مالی کشاورزان را افزایش و در نتیجه میزان مشارکت مالی را افزایش می‌دهد. افزایش یک هکتار به سطح زیرکشت کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۶۴ واحد کاهش می‌دهد. علت این کاهش آن است که کشاورزانی که سطح زیر کشت بیش‌تری دارند از کود و سم بیش‌تری هم استفاده و هم هزینه بیش‌تری را صرف خرید این دو می‌کنند، در نتیجه به میزان کم‌تری تمایل دارند که پرداختی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده داشته باشند.

از دیگر نتایج جدول ۴ این است که افزایش یک کیسه کود شیمیایی به مصرف سالانه کود و یک لیتر سم شیمیایی به مصرف سالانه سم، میزان مشارکت مالی کشاورزان را به ترتیب به اندازه ۰/۱۸ و ۰/۲۱ واحد اضافه می‌کند. چرا که آن‌ها خود را در آلوده شدن آب سهیم می‌دانند بنابراین تمایل دارند میزان پرداختی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده را افزایش دهند. همچنین افزایش موافقت و آگاهی کشاورزان با ورود فاضلاب روستایی و شهری به کشف‌رود و کیفیت مطلوب آب و خاک، میزان مشارکت مالی آن‌ها را به ترتیب ۱/۷۷ واحد افزایش و ۳/۴۱ واحد کاهش می‌دهد. در واقع اگر کشاورزان از کیفیت آب و خاک راضی باشند، میزان کم‌تری تمایل دارند که بپردازند.

جدول ٤- نتایج حاصل از برآورد مرحله دوم (رگرسیون لگاریتمی) روش دو مرحله‌ای هکمن برای میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 4- The estimation results of second stage Heckman two-stage approach (Logarithmic regression) for the amount of farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل Independent variables	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ٤ Scenario 4		سناریو ٥ Scenario 5	
	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity
لگاریتم سن Log of age	2.94***	2.94	1.49***	1.49	1.15**	1.15	-0.46ns	-0.46	-0.33ns	-0.33
جنسیت Sex	-1/0096 ***	-0.092	-0.48*	-0.04	-0.28ns	-0.025	0.27ns	0.023	0.22ns	0.02
لگاریتم تحصیلات Log of education	0.097ns	0.097	0.016ns	0.016	0.017ns	0.017	0.49ns	0.49	0.045ns	0.045
لگاریتم تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Log of number of family members employed in agriculture	0.19ns	0.19	0.15ns	0.15	0.16ns	0.16	0.056ns	0.056	0.097ns	0.097
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.41*	0.03	0.54***	0.04	0.4*	0.03	0.12ns	0.009	0.13ns	0.009
لگاریتم پس‌انداز خالص کشاورزی Log of net savings of agriculture	-0.033*	-0.033	-0.006	-0.006	-0.008ns	-0.008	-0.008ns	-0.008	-0.0062ns	-0.0062
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.52*	-0.05	-0.025ns	-0.002	-0.33ns	-0.03	0.33*	0.03	0.39*	0.03
تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.28***	-0.09	-0.86***	-0.07	-0.34*	-0.028	-0.27*	-0.022	-0.13ns	-0.01
لگاریتم محصولات زیرکشت Log of under cultivation crops	0.69***	0.69	0.36**	0.36	0.31*	0.31	0.34**	0.34	0.16ns	0.16
لگاریتم کل سطح زیرکشت Log of total area under cultivation	-0.64***	-0.64	-0.47***	-0.47	-0.32**	-0.32	-0.07ns	-0.07	-0.0064ns	-0.0064
لگاریتم کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Log of total amount annual consumption of fertilizer per year	0.18*	0.18	0.025ns	0.025	0.084ns	0.084	0.043ns	0.043	0.029ns	0.029
لگاریتم کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Log of total amount annual consumption of chemical pesticides	0.21*	0.21	0.27***	0.27	0.1ns	0.1	0.071ns	0.071	-0.105*	-0.105
لگاریتم شاخص ۱ Log of index 1	-0.32ns	-0.32	-0.51*	-0.51	-0.12ns	-0.12	-0.25ns	-0.25	-0.18ns	-0.18
لگاریتم شاخص ۲ Log of index 2	-0.25ns	-0.25	-0.27ns	-0.27	-0.63ns	-0.63	-0.63*	-0.63	-0.89*	-0.89
لگاریتم شاخص ۳ Log of index 3	1.77***	1.77	1.39***	1.39	0.88*	0.88	0.34ns	0.34	0.39ns	0.39
لگاریتم شاخص ۴ Log of index 4	-3.41***	-3.41	-2.24***	-2.24	-1.85***	-1.85	0.27ns	0.27	0.38ns	0.38
لگاریتم شاخص ۵ Log of index 5	0.26ns	0.26	0.25ns	0.25	0.38ns	0.38	0.93**	0.93	1.02***	1.02
عکس نسبت میلز Inverse Mill's ratio	1.64***	0.1	1.05***	0.061	0.63*	0.03	0.77**	0.03	-0.82**	-0.03
عرض از مبدأ Intercept	-3.52ns	-0.35	2.91*	0.28	4.78*	0.46	13.008***	1.2	12.86***	1.16
آماره دوربین واتسون Durbin-Watson	1.99		1.99		1.8		1.6		1.81	
R^2 R-square	0.58		0.66		0.43		0.45		0.43	
آزمون نرمالیته Normality test	1.25 (0.5)		9.91 (0.07)		114.41 (0.03)		4.67 (0.09)		3.65 (0.2)	

مقادیر داخل پرانتز مقادیر بحرانی (سطح معنی‌داری) را نشان می‌دهد. (* معنی‌دار در سطح ده درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد، *** معنی‌دار در سطح یک درصد و ns بی‌معنی)

Values in parentheses shows critical value (significance level). (* Significant level of 10 percent, ** Significant level of 5 percent and *** Significant level of 1 percent, ns non significant)

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indexes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect the soil and water.

کشش متغیرهای معنی‌دار مدل نشان می‌دهد که در سناریو یک، با فرض ثابت بودن سایر عوامل در خصوص تفسیر هر یک از متغیرها، با یک درصد افزایش در سن کشاورزان، میزان مشارکت مالی آنان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده ۲/۹۴ درصد افزایش می‌دهد. میزان مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن به اندازه ۰/۰۹۲ درصد کم‌تر است. میزان مشارکت مالی زارعین نسبت به سایر کشاورزان ۰/۰۳ درصد بیش‌تر است. یک درصد افزایش در پس‌انداز خالص کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۰۳۳ درصد کاهش می‌دهد. میزان مشارکت مالی کشاورزان دارای مالکیت زمین نسبت به مستأجرین و کشاورزان دارای تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک به ترتیب به میزان ۰/۰۵ و ۰/۰۹ درصد کم‌تر است. افزایش یک درصدی تعداد محصولات زیر کشت، میزان مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۶۹ درصد افزایش می‌دهد. همچنین یک درصد افزایش در سطح زیر کشت، میزان مشارکت مالی کشاورزان به میزان ۰/۶۴ درصد کاهش می‌دهد.

نتایج همچین بیانگر آن است که با افزایش یک درصدی میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی سالانه، میزان مشارکت مالی کشاورزان به ترتیب به میزان ۰/۱۸ و ۰/۲۱ درصد افزایش می‌یابد. همچنین یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب رودخانه کشف‌رود و موافقت آن‌ها با کیفیت مطلوب آب و خاک، میزان مشارکت مالی آنان را به ترتیب به میزان ۱/۷۷ درصد افزایش و ۳/۴۱ درصد کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی و عوامل مؤثر بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات زیست-محیطی آب آلوده با به‌کارگیری رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و مدل توبیت بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوها افزایش می‌یابد. این نتیجه بیانگر آن است که انگیزه‌های لازم در کشاورزان در حوزه کاهش آثار نامطلوب آب آلوده بر محیط زیست وجود دارد که می‌توان از این انگیزه‌ها با ایجاد حوضچه‌های تصفیه آب‌های آلوده در جهت کاهش آلودگی‌های تهدیدکننده سلامت آب و خاک و به تبع آن انسان استفاده کرد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری در این مورد می‌تواند از آلوده‌کننده‌ها، دریافت و هزینه‌های اجرایی آن از محل تعیین عوارض (به میزان آب آلوده ورودی به حوضچه) تأمین شود.

نتایج نشان داد که متغیرهای سن و جنسیت در دو مرحله، به ترتیب تأثیر مثبت و منفی معنی‌داری بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارد. بنابراین از کشاورزان مسن‌تر و خانم در زمینه طرح‌های کاهش آثار نامطلوب آب آلوده می‌توان کمک بیش‌تری گرفت.

با توجه به تأثیر منفی متغیر تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک بر تمایل و میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های حفاظتی آب و خاک از مشارکت کشاورزانی که تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک نداشته‌اند، بیش‌تر استفاده شود.

شاخص موافقت کشاورزان با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تمایل و میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارد. این رابطه بیانگر آن است که هر چه کشاورزان آگاهی بیش‌تری داشته باشند که فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود وارد می‌شود، مشارکت مالی آن‌ها بیش‌تر می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود با برگزاری سمینارهایی در زمینه آموزش و آگاهی دادن به مردم به خصوص کشاورزان در مورد اهمیت حفاظت منابع آب و خاک، زمینه مشارکت مالی بیش‌تر آن‌ها را فراهم آورد.

همچنین از آن‌جا که عملیات و پروژه‌های حفاظت از محیط زیست به خصوص آب و خاک نیاز به سرمایه زیادی دارد و تنها بخش کوچکی از این سرمایه از محل کمک‌های مالی مردمی و اخذ عوارض می‌تواند به دست آید، بنابراین دولت می‌بایست در بودجه خود به تأمین مالی این پروژه‌ها توجه کند.

منابع

Ali Hosseini, M. 2011. The risks posed by pesticides and fertilizers. Geomorphology Page. Available at Web site http://geologist63.blogfa.com.

Baidoo, I., Ramatu, M.A., Asuming-Brempong, S., Osei-Akoto, I., and Asante, F.A. 2013. Willingness to pay for improved water for farming in the upper east region of Ghana. Greener Journal of Agricultural Sciences 4: 271-279.

Baghestani, M., and Zibaee, M. 2011. Measuring the willingness of farmers to pay for groundwater in the area Ramjrd: An application of CVM. Journal of Agricultural Economics 4(3): 41-64. (In Persian with English Summary)

Boyle, K.J., Johnson, F.R., McCollum, D.W., Desvousges, W.H., Dunford, R., and Hudson, S. 1996. Valuing public goods: Discrete versus continuous contingent-valuation responses. Land Economics 72: 381-396.

Carson, R.T. 2000. Contingent Valuation: A user's guide. Environmental Science and Technology 34(8): 1413-1418.

Cheraghi, M. 2013. Evaluation of farmer's willingness to pay for groundwater (A case study Mashhad). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Cochran, W.G. 1963. Sampling techniques. John Wiley and Sons, New York.

Darijani, A. 1999. A survey of depositors' view and factors affecting the amount of household bank deposits. MSc Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Faryabi, M., Kalantari, N., Chitsazan, M., and Rahimi, M.H. 2006. Evaluatation the effect of agricultural fertilizers in underground water pollution Nytrogen Baghmlk plain with DRASTIC model. Geomatics Conference p. 35-42. (In Persian with English Summary)

Habibzadeh, A. 2005. Status and quality of underground water pollution in North of Lake Urmiah (Tesuj). Journal of Advanced Researches 4: 43-47. (In Persian with English Summary)

Hosseini, S.S., Sharzee, G., and Naeemifar, A. 2011. Assessing the benefits of nitrate contamination reduction in water consumption by contingent valuation method (case study of paddy in the village of Gilan). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development 41(1): 21-27. (In Persian with English Summary)

Lashkaripour, G., Ghafoori, M., Mousavimadah, S.M., Babaee, M., and Afshar, S. 2010. Examine the origin and the factors affecting surface and subsurface water pollution in Kashaf- rood river (Mashhad plain). In First National Conference on Hydrogeology, Islamic Azad University Behbahan Branch, Khuzestan, Iran, 28 November. 2009, 12 pp. (In Persian)

Madalla, G.S. 1983. Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics. Cambridge University Press, Cambridge, 414 pp.

Mcdonald, J.F., and Moffitt, R.A. 1982. The uses of Tobit analysis. Journal of the Review of Economics and Statistics 62: 318-321.

Moinoddini, S.D., Zand, E., Kambouzia, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Deihimfard, R. 2014. Environmental risk assessment of registered insecticides in Iran using Environmental Impact Quotient (EIQ) index. Journal of Agroecology 6(2): 250-265. (In Persian with English Summary)

Naseri, H., Rqhimi, M., Yakhkeshi, M.A., Shahpasandzadh, M., and Dehqhan, H. 2006. Factors influencing the spatial variation of nitrate concentrations in ground water of basin gharehsu-golestan. Journal of Agricultural Sciecnes and Natural Resources 1: 108-116.

Naseri, H.R., and Alijani, F. 2007. Study of underground water pollution sources Izeh Plain, North East Khuzestan. Journal of Environmental Sciences 4: 33-46. (In Persian with English Summary)

Ongley, E. 2003. Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55: 101 pp.

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Tang, Z., Nan, Z., and Liu, J. 2013. The willingness to pay for irrigation water: a case study in northwest China. Global NEST Journal 1: 76-84.

Tobin, J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26: 29-36.

Whistler, D .1999. An Introductory Guide to Shazam. Department of Economics. University of British Columbia, CANADA. Available at Web site http://shazam.econ.ubc.ca

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 215-224

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۲۴-۲۱۵

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

احمد غلامی[1*]، ایمان اکبری[2] و حمید عباس دخت[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۲

چکیده

یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به‌کارگیری کودهای زیستی در تولید محصولات می‌باشد. بر این اساس به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر خصوصیات رشد و عملکردگیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا (بدون تلقیح و تلقیح با قارچ *Glomusintra radices*)، ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، چهار و هشت تن در هکتار) و اسیدهیومیک در دو سطح (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی) بودند. نتایج نشان داد که اثر اصلی کاربرد قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع، تعداد چتر، وزن دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که قارچ مایکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۸/۵ و ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که اثر متقابل قارچ مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه از ترکیب تیماری مایکوریزا و هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست (به ترتیب حدود ۲۱ و ۴۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) به دست آمد. همچنین ترکیب تیماری قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع و عملکرد بیولوژیک رازیانه اثر معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، محلول‌پاشی، مایکوریزا، ورمی‌کمپوست

مقدمه

امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی شناخته شده و بدیهی است که باید جایگزین مناسبی برای این نوع کودها در نظر گرفته شود. هدف کشاورزی پایدار، کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است (Koocheki et al., 2008). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Salehrastin, 2001). استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید گیاهان دارویی فراهم کرده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را فراهم می‌کند. قارچ‌های *مایکوریزا آرباسکولار* و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش کمیت، کیفیت و پایداری عملکرد محصول نقش مهمی در این سیستم‌ها ایفاء می‌کنند. قارچ‌های مایکوریزا سبب بهبود کیفیت فیزیکی (گسترش ریسه‌های قارچ)، شیمیایی (افزایش جذب عناصر غذایی) و زیستی (شبکه غذایی) خاک می‌شوند (Sharma, 2002). رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در بین گیاهان دارویی اهمیت زیادی داشته که از اسانس آن (آنتول) در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار گروه زراعت و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: ahgholami@yahoo.com)

و بهداشتی استفاده می‌شود (Darzi et al., 2008). همزیستی مایکوریزایی از طریق گسترش هیف‌های قارچ در خاک موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی و دانه گیاه رازیانه شد و متعاقب آن وزن خشک گیاه افزایش یافت (Kapoor et al., 2004). نتایج تحقیق درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بر روی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در بوته‌های تلقیح شده با مایکوریزا حاصل شد. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) با بررسی اثر همزیستی مایکوریزایی بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان (*Carum copticum* L.) گزارش نمودند که تلقیح با مایکوریزا به ترتیب باعث افزایش ۳۵ و ۸۵ درصدی عملکرد دانه و بهبود ۳۴ و ۳۰ درصدی محتوی اسانس رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. این محققان در مطالعه‌ای دیگر (Shabahng et al., 2014) نشان دادند که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی رازیانه در شرایط همزیستی با مایکوریزا به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

ورمی‌کمپوست محصول فرآیندی است که از گونه خاصی از کرم-های خاکی برای تبدیل مواد آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست مواد غذایی را به فرم قابل جذب در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Sreenivas et al., 2000) (Sharma, 2005). شارما (Sharma, 2002) گزارش کرد که میزان نیتروژن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ورمی‌کمپوست به ترتیب ۵، ۱۴، ۳ و ۱۱ برابر خاک زراعی است. نتایج بررسی آستارایی و کوچکی (Astaraei & Koocheki, 1996) نشان داد که کاربرد ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست و ۸۰ درصد خاک در مقایسه با شاهد (خاک) باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه، تعداد و وزن هزار دانه در گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) می‌شود. در بررسی درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) مشخص شد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر اجزاء عملکرد کمی، موجب بهبود عملکرد دانه رازیانه شد و به علاوه درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد. نتایج بررسی‌های دیگر نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار در ارتفاع بوته و درصد برگ و گل‌آذین در گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis* L.) (Rezvani Moghadam et al., 2009) و تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد، وزن خشک محصول و وزن دانه گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) داشت (Anwar et al., 2005).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج یافته است. هیومیک‌اسید یک ماده آلی کاملاً طبیعی است که از تجزیه نهایی مواد آلی خاک توسط میکروارگانیزم‌ها به دست می‌آید. اسیدهیومیک رشد قسمت‌های هوایی و ریشه گیاهان را تحریک می‌کند.کاربرد آن حجم ریشه‌ها را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه می‌گردد (Sabzevari et al., 2009). اسیدهیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد (Chen et al., 1999). اسیدهیومیک علائم کلروز در گیاهان را بهبود می‌بخشد که احتمالاً نتیجه توانایی این اسید برای نگهداری آهن خاک به فرم قابل جذب است (Samavat et al., 2008).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کود زیستی مایکوریزا و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و هیومیک‌اسید بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، در بهار سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۴۹/۹ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. در ابتدا از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام گرفت و مشخص گردید که بافت خاک لومی و pH آن ۷/۴ می‌باشد (جدول ۱). این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش ورمی‌کمپوست در سه سطح شامل: v_1 (عدم مصرف)، v_2 (چهار تن) و v_3 (هشت تن در هکتار)، قارچ مایکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و اسیدهیومیک نیز در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) در نظر گرفته شد. مایه تلقیح مایکوریزایی به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده و حاوی گونه *Glomus intraradices* بود. به منظور اجرای آزمایش در هر کرت آزمایشی پنج ردیف کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول پنج متر در نظر

گرفته شد. قارچ مایکوریزا در حین کاشت بذر به میزان ده گرم در گودال‌های ایجاد شده به زمین اضافه و ورمی‌کمپوست نیز در حاشیه خطوط کاشت قرار گرفت. اسیدهیومیک در سه مرحله (رویشی، زایشی و سفت شدن دانه‌ها) طبق مقدار توصیه شده (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) محلول‌پاشی شد. جهت تعیین تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر اجزای عملکرد، از سه خط میانی پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح از مساحتی معادل دو مترمربع از خطوط میانی هر کرت، بوته‌ها برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد در سایه، دانه آن‌ها جدا گردید. برای تعیین درصد همزیستی مایکوریزایی، قسمتی از ریشه گیاه به صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها با آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند. ریشه‌ها را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هایی از اسیدلاکتیک، گلیسیرین، تریپان بلو و آب مقطر) به مدت ۲۴-۱۲ ساعت قرار داده شد. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول ۱:۱ گلیسرین و اسیدلاکتیک نگهداری شدند. برای مشاهده و بررسی درصد آلودگی، از روش خطوط متقاطع استفاده شد (Giovannetti & Mosse, 1980). در نهایت تجزیه تحلیل داده‌های آزمایش و رسم شکل‌های مربوط به آن‌ها توسط نرم افزارهای SAS 9.1، Mstat-C و Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) ارتفاع بوته توسط سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین اثرات سه جانبه عوامل مورد بررسی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمار-ها نشان داد که بین ارتفاع بوته در تیمار تلقیح مایکوریزایی (۷۰/۲۲ سانتی‌متر) و عدم تلقیح (۶۷/۹۷ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که ارتفاع بوته در تلقیح با مایکوریزا در حدود سه درصد بیشتر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نیز بیانگر آن بود که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌که ارتفاع بوته در سطح هشت تن ورمی‌کمپوست (۷۳/۹۳ سانتی‌متر) نسبت به کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (۶۸/۰۷ سانتی‌متر) و شاهد (۶۵/۳۵ سانتی‌متر) به ترتیب افزایش هشت و ۱۱/۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین دو سطح محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی اسیدهیومیک از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌که ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۷۰/۴۷ سانتی‌متر) حدود چهار درصد بیشتر از تیمار عدم محلول‌پاشی (۶۷/۷۲ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). همچنین مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۷۶/۸ سانتی‌متر) به دست آمد که نسبت به شاهد (۶۰/۷ سانتی‌متر) افزایش ۲۶ درصدی را نشان داد (شکل ۱).

نتایج گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) و راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) به ترتیب بر روی گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) و علف لیمو (*Cymbopogon citratus* L.) و نیز اردکانی و همکاران (Ardekani et al., 2000) بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) بیانگر آن است که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود. به نظر می‌رسد که همزیستی مایکوریزایی با ریشه رازیانه سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب رشد بیشتر و بهبود ارتفاع گیاه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental station

بافت Texture	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)
لومی- سیلتی Silty- loam	147	13.7	0.054	2.3	7.81	0.71

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه تحت تأثیر ورمی‌کمپوست (V)، مایکوریزا (M) و اسیدهیومیک (H)

Table 2- Analysis of variance of yield and yield components of fennel affected by vermicompost, mycorrhiza and humic acid

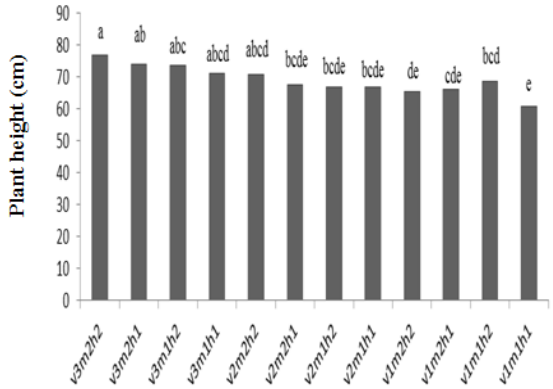
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant^{-1}	تعداد دانه در چتر No. of seed.umbel^{-1}	وزن دانه در بوته Seed weight Per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.325^{ns}	14.58^{ns}	1032.86^{ns}	0.215^{ns}	0.080^{ns}	6278.26^{ns}	40548.16^{ns}	1.951^{ns}
V	2	231.20**	89.58**	4188.52**	67.53**	1.613**	274591.83**	2229021.10**	15.93**
M	1	45.56**	177.77**	5329.00**	103.05**	0.088^{ns}	80863.36**	4743466.34**	114.16**
V × M	2	2.73^{ns}	4.86^{ns}	3655.75**	0.186^{ns}	0.405**	18268.85*	5603.46^{ns}	6.336^{ns}
H	1	68.06**	49.00**	1067.11^{ns}	125.25**	1.656**	326191.15**	4143735.34**	1.720^{ns}
V × H	2	2.85^{ns}	3.08^{ns}	256.02^{ns}	1.47^{ns}	0.072^{ns}	10389.40^{ns}	56593.75^{ns}	12.73^{ns}
M × H	1	7.20^{ns}	4.00^{ns}	21.77^{ns}	3.139^{ns}	0.078^{ns}	16977.62^{ns}	75634.17^{ns}	0.017^{ns}
V × M × H	2	29.55**	7.58^{ns}	56.69^{ns}	0.209^{ns}	0.111^{ns}	12784.02^{ns}	86221.46**	5.53^{ns}
خطا Error	22	6.98	5/49	516.68	1.376	0.062	4509.62	23637.49	4.91
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.82	7.29	11.36	7.36	6.03	5.83	6.13	7.12

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 1% and 5% probability level and not significant, respectively.

M: همزیستی مایکوریزایی، V: ورمی‌کمپوست و H: محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M: mycorrhica symbiosis, V: vermicompost and H: spraying with humic acid



شکل ۱- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته رازیانه

Fig. 1- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid plant height

ورمی‌کمپوست نیز از طریق قابلیت نگهداری زیاد آب و تدارک مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده رازیانه تأثیر مثبت داشته و موجب بهبود ارتفاع بوته گردیده است. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بیان کردند که بیشترین ارتفاع بوته رازیانه از مصرف ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست با افزایش در جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته گردیده است.

جدول ۳- اثرات ساده و متقابل ورمی‌کمپوست، مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه

Table 3- The simple and interaction effect of vermicompost, mychorriza and humic acid on yield and yield components of fennel

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)	تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant^{-1}	تعداد دانه در چتر No. of seed.plant^{-1}	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
M_1	67.97^{b*}	29^{b}	187^{b}	14.23^{b}	-	3357.25^{b}	1104.58^{b}	32.91^{a}
M_2	70.22^{a}	34^{a}	212^{a}	17.68^{a}	-	4083.22^{a}	1199.37^{a}	29.35^{b}
V_1	65.35^{b}	29^{b}	188^{b}	13.53^{c}	3.86^{b}	3251.12^{c}	1016.16^{c}	31.22^{a}
V_2	68.07^{b}	32^{ab}	190^{b}	15.96^{b}	3.99^{b}	3812.21^{b}	1125.12^{b}	29.52^{b}
V_3	73.93^{a}	34^{a}	221^{a}	18.38^{a}	4.55^{a}	4098.16^{a}	1315.12^{a}	32.08^{a}
H_1	67.72^{b}	31^{b}	-	14.12^{b}	3.91^{b}	3380.18^{b}	1056.60^{b}	-
H_2	70.47^{a}	33^{a}	-	17.80^{a}	4.34^{a}	4059.27^{a}	1247.62^{a}	-
$M_1 \times V_1$	-	-	184^{b}	-	3.84^{b}	-	924.45^{d}	-
$M_1 \times V_2$	-	-	174^{b}	-	3.74^{b}	-	1108.76^{c}	-
$M_1 \times V_3$	-	-	193^{b}	-	4.43^{a}	-	1280.56^{b}	-
$M_2 \times V_1$	-	-	196^{b}	-	3.88^{b}	-	1107.36^{c}	-
$M_2 \times V_2$	-	-	202^{b}	-	4.23^{ab}	-	1142.35^{c}	-
$M_2 \times V_3$	-	-	250^{a}	-	4.66^{a}	-	1349.12^{a}	-

M_1 و M_2: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با قارچ مایکوریزا، V_1، V_2 و V_3: به ترتیب عدم مصرف ورمی‌کمپوست، مصرف چهار و هشت تن در هکتار و H_1 و H_2: به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M_1 and M_2: Mycorrhizal non-inoculated and inoculated, V_1, V_2 and V_3: 0, 4 and 8 t.ha^{-1} and H_1 and H_2: non-foliar application and foliar application, respectively.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نمی‌باشد.

* Means followed by similar letters in each column are not significantly different at α= 5% probability level.

در خصوص اثرات اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته گندم سبزواری و همکاران (Sabzevari et al., 2009) بیان کردند که مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک باعث افزایش چشمگیری در ارتفاع گیاه گندم شد که این افزایش ارتفاع را می‌توان به دلیل تأثیر اسیدهیومیک در افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و متعاقباً افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه دانست.

تعداد چتر در بوته: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر هر سه فاکتور قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر تعداد چتر در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه آن‌ها معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که از نظر تعداد چتر در بوته بین تلقیح مایکوریزا (۳۴ چتر در بوته) و عدم تلقیح (۲۹ چتر در بوته) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ به طوری‌که تعداد چتر در بوته در تلقیح با مایکوریزا حدود ۱۷/۲ درصد بیشتر بود. همچنین مقایسه میانگین تیمارها تفاوت معنی‌داری را بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تعداد چتر در بوته نشان داد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار هشت تن ورمی‌کمپوست (۳۴ چتر در بوته) در مقایسه با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (۳۲ چتر در بوته) و نسبت به تیمار شاهد (۲۹ چتر در بوته) به ترتیب شش و ۱۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که بین تعداد چتر در بوته در تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۳۳ چتر در بوته) در مقایسه با تیمار شاهد (۳۱ چتر در بوته) حدود ۶/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) اظهار داشتند که همزیستی مایکوریزایی از طریق بهبود تغذیه گیاه و افزایش زیست‌توده در گیاه رازیانه موجب تسریع در گل‌دهی و افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست صورت گرفت مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست، به طور معنی‌داری تعداد گل‌ها را در مقایسه با شاهد افزایش داد. این تأثیر مثبت از طریق افزایش فعالیت میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و متعاقباً باعث افزایش گل‌دهی می‌شود. اسیدهیومیک نیز با قدرت کلات‌کنندگی که دارد سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در تحقیقی که کیانی و همکاران (Kiyani et al., 2011) بر روی گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) انجام دادند، بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک باعث افزایش تعداد گل در گیاه دارویی بابونه می‌شود.

تعداد دانه در چتر: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تلقیح مایکوریزا، استفاده از ورمی‌کمپوست و اثر متقابل بین مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین تلقیح مایکوریزایی و عدم تلقیح تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در چتر وجود داشت (به ترتیب ۲۱۲/۲۲ و ۱۸۷/۸۸ دانه در چتر) به نحوی‌که تعداد دانه در چتر در نتیجه تلقیح مایکوریزایی حدود ۱۲/۹ درصد بیشتر بود. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر (جدول ۳) نیز بیانگر آن بود که بین شاهد و کاربرد چهار تن در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی مصرف هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در چتر داشت. کاربرد هشت تن در هکتار سبب افزایش ۱۷/۸ درصد تعداد دانه در چتر نسبت به شاهد شد (به ترتیب ۲۲۱ و ۱۸۸ دانه در چتر). همچنین مقایسات میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر تعداد دانه در چتر نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۲۵۰ دانه در چتر) نسبت به شاهد (۱۸۴ دانه در چتر) افزایش معنی‌دار ۳۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). تعداد دانه در چتر تابعی از تراکم بوته و تعداد چتر در بوته است و به شرایط محیطی زمان گرده‌افشانی نیز بستگی دارد. افزایش تعداد چتر در بوته خود ناشی از مصرف کودهای آلی و بیولوژیک است که توسط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) گزارش شده است.

وزن دانه در بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر وزن دانه در بوته معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین اثر تلقیح مایکوریزا و عدم تلقیح از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری دیده می‌شود به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار تلقیح مایکوریزا (۱۷/۶۸ گرم) نسبت به تیمار عدم تلقیح (۱۴/۲۳ گرم) حدود ۲۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسات

میانگین نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری به چشم می‌خورد به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۸/۳۸ گرم) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (۱۵/۹۶ گرم) و شاهد (۱۳/۵۳ گرم) به ترتیب حدود ۱۵ و ۳۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در خصوص محلول‌پاشی اسیدهیومیک نیز مشاهده شد که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۱۷/۸۰ گرم) نسبت به تیمار شاهد (۱۴/۱۲ گرم) افزایش ۲۶ درصدی را از نظر وزن دانه در بوته نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک با تحریک رشد ریشه و در نتیجه افزایش میزان آب قابل دسترس برای گیاه، بهبود مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی و ساختمان خاک، سرعت و مدت فتوسنتز را افزایش داد و باعث افزایش وزن دانه در بوته می‌شود (Atiyeh et al., 2002). سبزواری و خزایی (Sabzevari & Khazaeei, 2009) با بررسی چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم) هیومیک‌اسید روی گندم بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله شد.

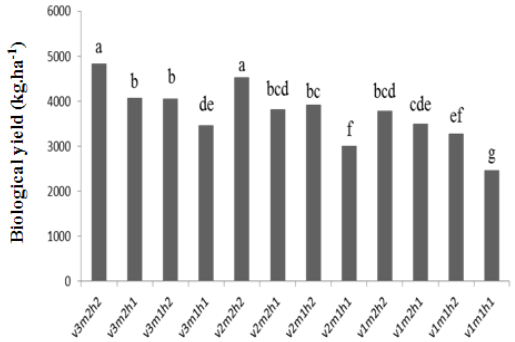
وزن هزار دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مبین آن بود که اثر عوامل اصلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک و نیز اثر متقابل تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴/۵۵ گرم) در مقایسه با مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست (۳/۹۹ گرم) و تیمار شاهد (۳/۸۶ گرم) به ترتیب به میزان ۱۴ و ۱۷/۵ درصد افزایش نشان داد. نتایج تأثیر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی (۴/۳۴ گرم) در مقایسه با تیمار شاهد (۳/۹۱ گرم) در حدود ۱۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳). همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر روی وزن هزار دانه نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴/۶۶ گرم) نسبت به شاهد (۳/۸۴ گرم) افزایش ۲۱ درصدی را در مورد وزن هزار دانه نشان داد (جدول ۳). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیان کردند که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب بهبود وزن هزار دانه در گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) نسبت به شاهد شد. ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک می‌توانند از طریق بهبود میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده گیاهی، وزن هزار دانه را افزایش دهند. همچنین تلقیح مایکوریزایی هم سبب می‌گردد که در زمان پر شدن دانه، شیره پرورده بیشتری به دانه منتقل شده و سبب بهبود وزن هزار دانه گردد.

عملکرد دانه: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا (۱۱۹۹/۳۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (۱۱۰۴/۵۸ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۸/۵ درصدی داشت (جدول ۳). در تحقیقی که محمدی و همکاران (Mohamadi et al., 2013) بر روی گیاه نخود (*Pisum sativum* L.) انجام دادند بیان کردند که کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد غلاف نسبت به شاهد شد. همچنین بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد دانه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که عملکرد دانه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۳۱۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (۱۰۱۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۱۷ و ۲۹/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در خصوص اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد دانه، جدول مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۱۲۴۷/۶ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۵۶/۶ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۱۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه نیز نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۳۴۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۹۲۴ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۴۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). طبق نتایج تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا می‌تواند ناشی از بهبود اجزای عملکرد در گیاه رازیانه باشد. در تحقیقی که رضایی و همکاران (Rezaeei & Baradaran, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendola persica* L.) انجام دادند بیان کردند که مصرف کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه و

شاخص برداشت شد. در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر قدرت جذب و نگهداری طوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر افزایش اجزای عملکرد رازیانه تأثیر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه گردیده است. اسیدهیومیک نیز از طریق اعمال اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) بیان کردند که اسیدهیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزی شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

عملکرد بیولوژیک: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری توسط هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثرات سه جانبه در سطح پنج درصد تحت تأثیر قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مقدار عملکرد بیولوژیک در تلقیح مایکوریزا (۴۰۸۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (۳۳۵۷/۲۵ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲۰ درصد افزایش وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین نتایج نشان‌ها داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴۰۹۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به کاربرد چهار تن (۳۸۱۲ کیلوگرم) و تیمار شاهد (۳۲۵۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب افزایش ۷/۵ و ۲۶ درصدی در عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول ۳). بین محلول‌پاشی اسیدهیومیک و عدم محلول‌پاشی از نظر تأثیر بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری دیده شد به طوری‌که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۴۰۵۹/۵۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۳۳۸۰/۹۷ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ۲۰ درصد در عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۳). مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نشان داد که ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۴۸۲۳ کیلوگرم در هکتار) از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد (۲۴۶۳ کیلوگرم در هکتار) برتری ۹۰ درصدی داشت (شکل ۲).

قارچ‌های مایکوریزا از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در همین زمینه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) بر روی گیاه دارویی رازیانه به نتایج مشابهی دست یافتند. در تحقیقی که فرجامی و نبوی (Farjami & Nabavi, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار انجام دادند بیان کردند که بیشترین عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس و ماده مؤثره گل در سطح مصرف ده کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و بیشترین عملکرد بذر نیز از مصرف پنج کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به دست آمد. گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) بر روی نعناع و کاپور (Kapoor et al., 2002) بر روی شوید بیان کردند که کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تلقیح مایکوریزا باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی نسبت به شاهد می‌شود. انور و همکاران (Anwar et al., 2005) در مطالعه خود بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و گیاه دارویی نعناع مشاهده نمودند که کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیکی را بهبود بخشید. اعتقاد بر این است که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه موجبات رشد بهتر اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک را فراهم می‌کند. آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسیدهیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و بالطبع افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌شود.



شکل۲- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد بیولوژیک رازیانه

Fig. 2- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid on biological yield

شاخص برداشت: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها بر شاخص برداشت نشان داد که بین تلقیح مایکوریزایی (۲۹/۳۵ درصد) و عدم تلقیح (۳۲/۹۱ درصد) تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به نحوی‌که شاخص برداشت در تلقیح با مایکوریزا (۲۹/۳۵

درصد) نسبت به عدم تلقیح (۳۲/۹۲ درصد)، کاهش نشان داد (جدول ۳) که البته این نتایج با نتایج درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) مطابقت داشت. نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تأثیر همزیستی مایکوریزایی در بهبود رشد و افزایش عملکرد بیولوژیکی بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد اقتصادی گیاه بوده و به همین دلیل موجب کاهش در شاخص برداشت گردید است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به خوبی تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست، تلقیح با قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدهیومیک را بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه نشان داد. از آن‌جا که در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی متعددی گردیده است، لذا به‌کارگیری این تیمارها بدون ایجاد صدمات زیست‌محیطی و با حفظ پایداری محیط و فراهم‌آوری عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد محصول می‌شوند.

منابع

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource. Technology 93: 145-153.

Ardekani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Astaraei, A., and Koocheki, A. 1996. Biofertilizer Application in Sustainable Agriculture. Publication of Jihade Daneshgahi Mashhad, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Chen, y., Clap, C.E., Magen, H., and Clin, V.W. 1999. Stimulation of plant Growth by Humic substances: Effects on Iron Availability. In: Ghabbour, E.A., and Davies, G. understanding Humic substances: Advanced Methods, properties and applications. Royal society of chemistry, Cambridge. UK.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and biophosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Darzi, M., Ghalavand, A., Rajali, F., and Sefidkan, F. 2006. Effects of biofertilizer application on yield and yield components of *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 22(4): 276-292. (In Persian with English Summary)

Farjami, A., and Nabavi, K. 2013. Role of humic acid and phosphorus on quality and quantity of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology 8(4): 443-452. (In Persian with English Summary)

Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular *arbuscular* mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-*arbuscular* mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource. Technology 81: 77-79.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bio inoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 459-463.

Kiyani, M., Nabavi Kalat, S.M., and Kelarestaghy, K. 2011. Study on the effects of humic acid and phosphorus on flower yield of *Matricaria*. 6th National Conference on New Idea in Agriculture, Khoorasgan Islamic Azad University. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effects of *arbuscular* mycorrhizal fungi and free-living nitrogen- fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR). Modena, Italia.

Mohamadi, A., Asghari, H.R., and Gholami, A. 2013. Use of biological fertilizer (mycorrhizal fungi) on phosphorus availability in cicer (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agronomic Research 11(4): 658-665. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mhallati, M., and Lagziyan, A. 2009. Effects of organic and bifertilizer on seed yield and essence of *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Field Crops Research Agronomical Research 7: 625-635 (In Persian with English Summary)

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. Motia by *rhizobacteria*, AMF and *azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Rezaeei, M., and Baradaran, R. 2013. Study the effects of different organic fertilizers on yield and yield components of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Research on Medicinal and Aromatic Plants 29(3): 635-650. (In Persian with English Summary)

Rezvani moghadam, P., Bakhshaee, S., Ghafoori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis.* National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R., and Kafi, M. 2009. Effects of humic acid root and shoot growth of two varieties of wheat, Sayounz and Sabalan. Journal of Water and Soil 23: 87-94 (In Persian with English Summary)

Salehrastin, N. 2001. Biofertilizers and their effects on sustainable agriculture. Research, Education and Extension of Agricultural Organization Press, Iran p. 1-54.

Samavat, S., Pazooki, A., Ladan Moghadam, A., and Samacat, S. 2008. Principles of organic matter application in agriculture. Technical Report. Garmsar Islamic Azad University Press. (In Persian with English Summary)

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India p. 407.

Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses– A review. Journal of American Science 1: 4-16.

Sreenivas, C., Muralidhar, S., and Rao, M.S. 2000. Vermicompost, a viable component of IPNSS in nitrogen nutrition of ridge gourd. Annual Agriculture Research 21: 108-113.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 225-236

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۳۶-۲۲۵

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه)

مهدیه رشید سرخ‌آبادی[1*]، علی شهیدی[2] و عباس خاشعی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷

چکیده

در بین عوامل مختلف تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی، شرایط اقلیمی از مهمترین متغیرهای محیط طبیعی است. از سویی دیگر اساس توسعه کشاورزی، آگاهی دقیق از ویژگی‌های محیطی در هر نقطه و اعمال مدیریت ویژه می‌باشد. زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران-بهاترین محصول کشاورزی و دارویی جهان از جمله گیاهانی است که نقش قابل توجهی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک خراسان جنوبی و مرکزی پیدا کرده است. بر این اساس، این تحقیق به منظور ارزیابی شرایط اقلیمی برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه در یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰ میلادی) صورت گرفت. بدین منظور، ده ایستگاه هواشناسی استان انتخاب و به کمک محیط نرم افزاری Arc GIS مدل‌سازی و تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفت. با بهره‌گیری از شرایط اقلیمی مطلوب در هر مرحله از رشد زعفران، لایه‌های اطلاعاتی کلاس‌بندی و ارزش وزنی هر کدام از پهنه‌ها مشخص گردید. در نهایت، به منظور هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نقشه نهایی که پتانسیل اقلیمی را برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه نشان می-داد، تهیه گردید. نتایج نشان‌دهنده این واقعیت بود که نقش هر یک از عناصر اقلیمی بارش، دما و تعداد ساعات آفتابی، متناسب با مراحل مختلف رشد، در مناطق مختلف شهرستان متفاوت بود و از مجموع ۹۵۷۰/۲۰۷۰ کیلومترمربع از مساحت شهرستان تربت حیدریه، چهار درصد از اراضی شهرستان دارای کیفیت بسیار مناسب، ۵۰/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۲۷ درصد دارای شرایط متوسط برای کشت، ۸/۵ درصد ضعیف و حدود ده درصد از اراضی منطقه را نقاط بسیار ضعیف در بر می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: زمین آمار، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کشت‌بوم، نرم افزار اکسپرت چویس

مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طول تاریخ مورد توجه انسان بوده است. علت این امر، نقش مهم عناصر آب و هوایی بر زندگی بشر و خصوصاً تولیدات کشاورزی است (Mohamadi & Moghtaderi, 2005). با توجه به تأثیرپذیری غیر قابل انکار گیاهان زراعی از تغییرات اقلیمی هر منطقه، شناخت این ویژگی‌ها و خصوصیات در هر منطقه به برنامه‌ریزان و کشاورزان آن منطقه کمک می‌نماید تا با آگاهی کافی نسبت به امکان بروز حوادث جوی به تنظیم برنامه کشت و کار و برداشت محصول و همچنین انتخاب نوع کاشت اقدام نمایند. آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هر گونه فعالیت کشاورزی است. تأثیر عوامل آب و هوایی بر کشاورزی از سایر فعالیت‌ها بیشتر بوده و به همین دلیل شناخت روابط متغیرهای اقلیمی بر محصولات، اهمیت و ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی برای کشورها دارد (Kamali, 1997). برخی دانشمندان بر این اعتقادند که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (Khaledi, 1994)

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق می-باشد و در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ده درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم‌باران ایران که دارای زمستان

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mahdiehrashid@gmail.com)

سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد. زعفران به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر ایران بزرگ‌ترین تولید کننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2002). بر این اساس، شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمین قبل از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حایز اهمیت است. حاتمی سردشتی و همکاران (Hatami Sardashti et al., 2011) با بررسی رابطه رگرسیونی میان عملکرد کلاله زعفران با شاخص پایداری نهایی اظهار داشتند که رابطه این دو شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] را تکنولوژی اطلاعات فضایی می‌نامند که امکان آزمون و تجزیه و تحلیل دامنه وسیع‌تری از منابع مرتبط با کشاورزی، به صورت همزمان و دقیق را فراهم می‌آورد. آزمون‌پذیری همزمان متغیرها در محیط GIS منجر به درک بهتر عملگرهای سیستم کشاورزی و نیز اثرات متقابل مکان و زمان است. این درک منجر به توسعه پایدار و تثبیت پویایی تکنولوژی کشاورزی است (Narayana, 2011). با توجه به این‌که سنجش تناسب اراضی در سطح منطقه مورد مطالعه نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تحلیل چند معیاره[2] (MCDA) استفاده شود (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008). در این زمینه روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله مراتبی[3] یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است (Omkarprasad, 2004). روش AHP، ابزاری جهت ساده‌سازی تصمیم‌گیری‌های پیچیده است با این توصیف که در تحلیل تصمیم چند معیاره به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینه از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد (Asgharpoor, 2006). در این روش ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای متناسب با هدف یا اهداف تصمیم توسط کارشناسان تعیین، و پس از وزن‌دهی و اولویت‌بندی به منظور انجام ارزیابی توان و مکان‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Xue et al., 2007). یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید سنجه‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (Tofigh, 1994).

بررسی درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر در خراسان جنوبی به منظور شناسایی مناطق مستعد کشت زعفران با استفاده از GIS انجام شد. نتایج نشان داد که درجه حرارت حداقل در ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی تأثیرگذارتر بر عملکرد نسبت به سایر ماه‌ها می‌باشند. از نظر درجه حرارت میانگین، ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی مؤثرتر می‌باشند. درجه حرارت حداکثر در ماه‌های آبان، آذر، دی و اسفند، بیشترین تأثیر را بر عملکرد می‌گذارد. (Koozehgran et al., 2011).

در مطالعه‌ای در دشت نیشابور، نواحی مستعد کشت زعفران با استفاده از نقشه‌های سطوح ارتفاعی، شیب، قابلیت اراضی، عمق خاک، دسترسی به آب‌های سطحی و زیرزمینی و آستانه‌های دمایی مؤثر در کشت زعفران شناسایی شده است. نتایج حاصل نشان داد که ۲۱۴۶ کیلومترمربع از اراضی دشت دارای استعداد بسیار خوب برای توسعه کشت زعفران می‌باشند که در حال حاضر کاربری این اراضی به کشت دیم، کشت آبی، مراتع نیمه‌متراکم و مراتع متراکم اختصاص دارد. با تغییر این اراضی به کاربری کشت زعفران می‌توان توسعه اقتصادی و ارزش افزوده را برای این منطقه رقم زد (Farajzade & Myrzabayati, 2007).

سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شد. معیارهای تحت بررسی شامل اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین بودند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کارآیی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بود و بر اساس آن استان قزوین به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

مطالعه‌ای با عنوان سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس معیارهای اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین انجام گرفت و شهرستان مرند به سه بخش قابل کشت، نسبتاً قابل کشت و غیر قابل کشت تقسیم‌بندی شد (Yazdchy et al., 2011).

از آن‌جا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص پتانسیل‌یابی اقلیمی

1- Geographic information system (GIS)
2- Multi criteria decision making
3- Analytical hierarchy process

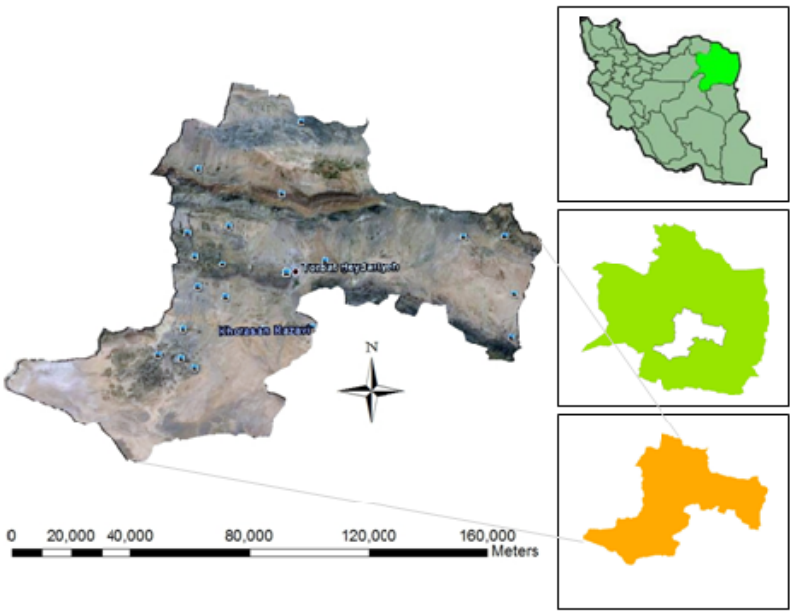
کشت زعفران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان تربت حیدریه انجام نشده است. بنابراین، در این مطالعه سعی بر آن است که با استفاده از نرم‌افزار GIS و تحلیل‌های حاصل از آن و استفاده از منطق‌های ریاضی به کار برده شده در علم مکان‌یابی، شرایط اقلیمی شهرستان تربت حیدریه بر اساس نیازهای محصول زعفران، بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهرستان تربت حیدریه با وسعت ۹۵۷۰ کیلومترمربع و به فاصله ۱۴۲ کیلومتری از مرکز استان خراسان رضوی در مدارهای ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. از شمال به شهرستان‌های فریمان و مشهد و از جنوب به شهرستان گناباد و از سمت شرق به شهرستان رشتخوار و از سمت غرب به شهرستان‌های نیشابور و کاشمر محدود می‌شود. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳۳۳ متر و بلندترین نقطه آن ۳۰۱۳ متر به نام قله کوه مکلان می‌باشد (شکل ۱).

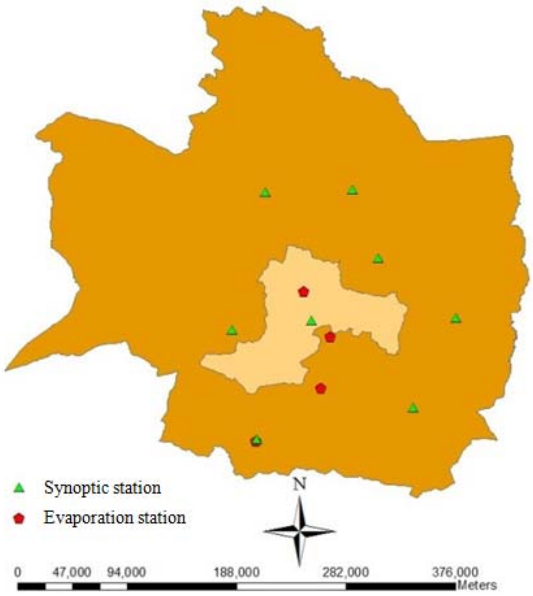
در این پژوهش از یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰) و آمار سینوپتیک ده ایستگاه استفاده شد (شکل ۲). با توجه به تنوع اطلاعات، به منظور پتانسیل‌یابی اقلیمی برای کشت زعفران، روش سلسله مراتبی (AHP) به عنوان مدل انتخاب، و با استفاده از آن به هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام شد. بدین‌منظور، از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی Arc GIS 9.3 استفاده گردید.

جهت تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف شهرستان تربت حیدریه برای کشت زعفران، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، به منظور پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آمار، داده‌های نقطه‌ای معیارهای تصمیم‌گیری در سطح دشت میان‌یابی شدند که کمترین مقدار مجذور میانگین مربع خطا[1] (RMSE) به عنوان معیار انتخاب روش‌های مختلف در پهنه‌بندی هر معیار مورد استفاده قرار گرفت. روش کریجینگ با داشتن کمترین مقدار RMSE، به عنوان مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی انتخاب و معیارهای مورد نظر با استفاده از این روش میان‌یابی شدند. جهت ترسیم نقشه واقعی و دقیق هم‌بارش نیز، ابتدا بین داده‌های آماری بارش با ارتفاع ایستگاه مورد نظر یک آزمون ضریب همبستگی خطی انجام شد.

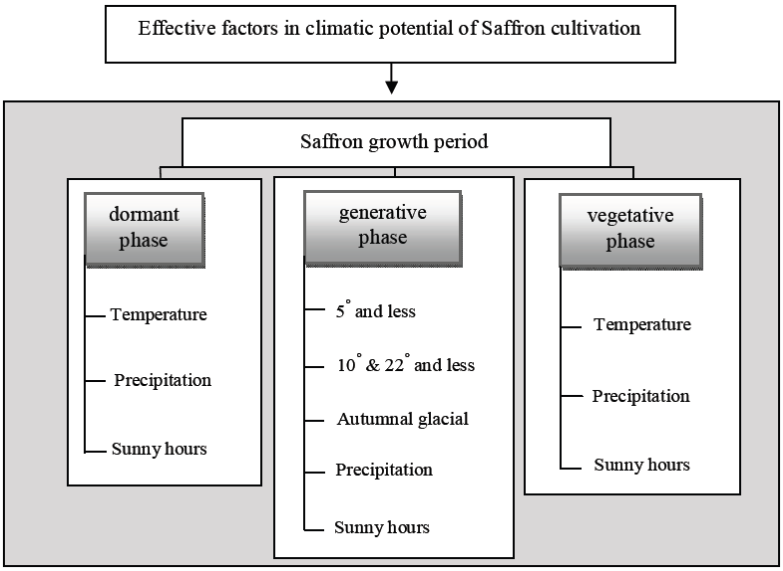


شکل ۱- موقعیت قرارگیری شهرستان تربت حیدریه در ایران
Fig. 1- Position of Torbate Hydariyeh city in Iran

1- Root mean squared error



شکل ۲- نمایش موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های هواشناسی
Fig. 2- Position of weather stations



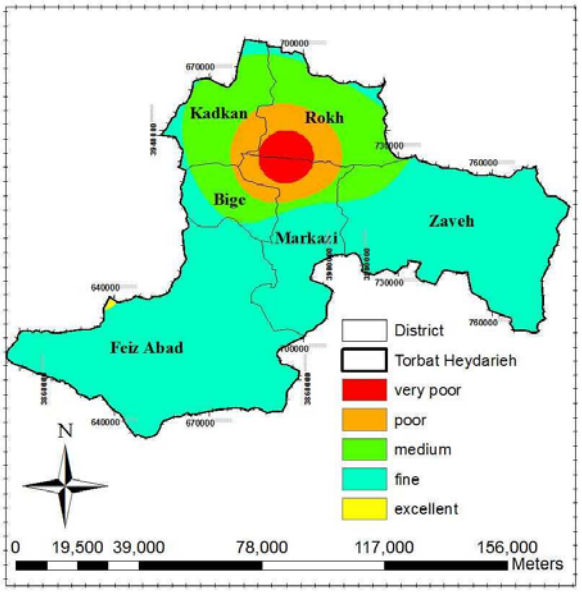
شکل ۳- عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران
Fig. 3- Effective factors in climatic potential of saffron cultivation

با توجه به بالا بودن این ضریب از طریق معادله (y=ax+b) مقدار a و b را به دست آورده و سپس نقشه مدل ارتفاعی منطقه در ضرایب a و b اعمال شد تا مقدار بارش مورد نظر برای تمامی نقاط ارتفاعی پهنه مورد بررسی مطالعه شود. لازم به ذکر است که به منظور کلاس‌بندی پارامترهای اقلیمی از پژوهش انجام شده توسط فرجزاده و میرزا بیاتی (Farajzade & Myrzabayati, 2007) استفاده شد.

سپس بر اساس مدل AHP به ارزش‌گذاری عوامل مؤثر اقدام گردید. شکل ۳ فهرست معیارهای مورد بررسی و زیر شاخه‌های هر یک از آن‌ها را نشان می‌دهد.

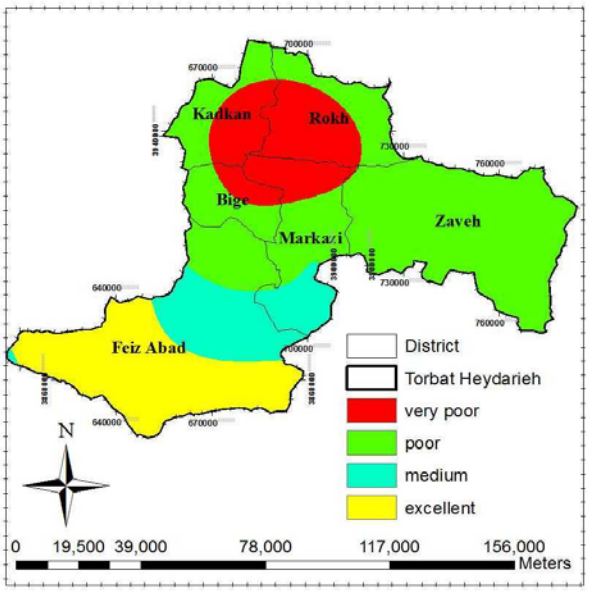
در این تحقیق برای تعیین وزن کلی و ارجعیت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی، از نظرات کارشناسی استفاده شد. پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها با

استفاده از نرم افزار Expert Choice، لایه‌های اطلاعات مکانی مورد نیاز به وجود آمدند.



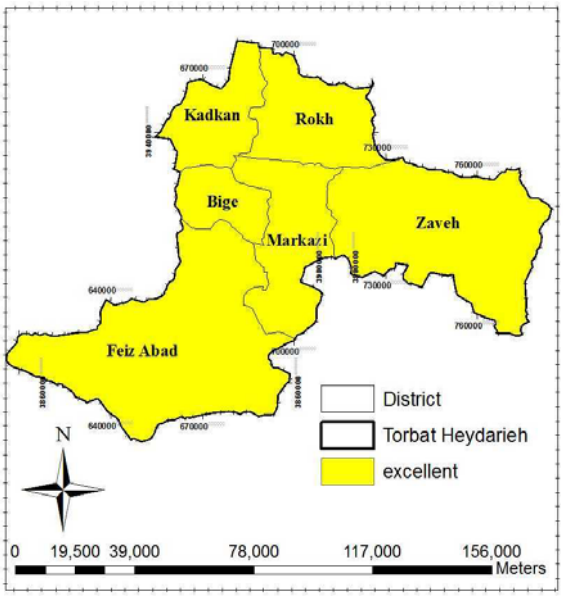
شکل ٤- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای پنج درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 4- Geographical distribution of probability of 5° temperature and less in generative phase of saffron



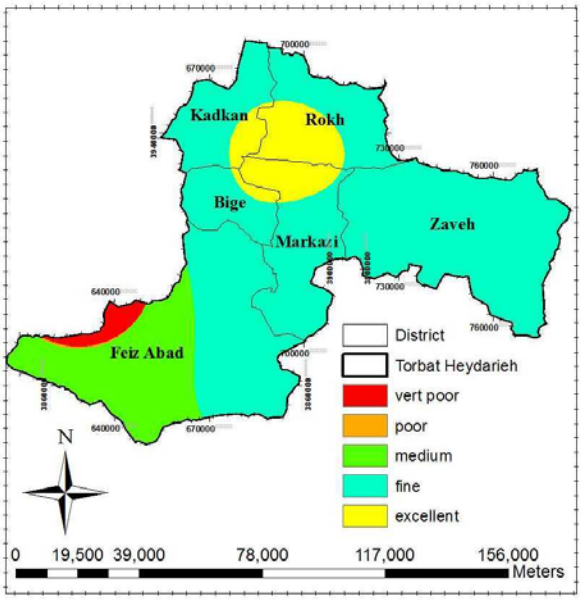
شکل ٥- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع یخبندان پاییزی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 5- Geographical distribution of probability of autumnal glacial in generative phase of saffron



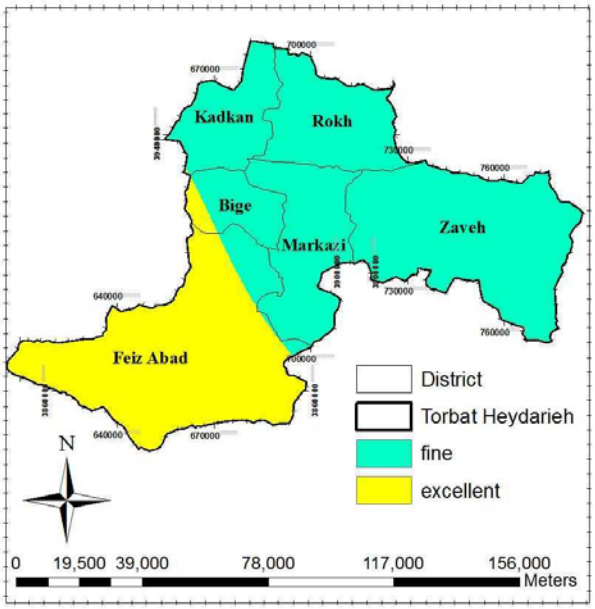
شکل ٦- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ۲۲ درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 6- Geographical distribution of probability of 22° temperature and less in generative phase of saffron



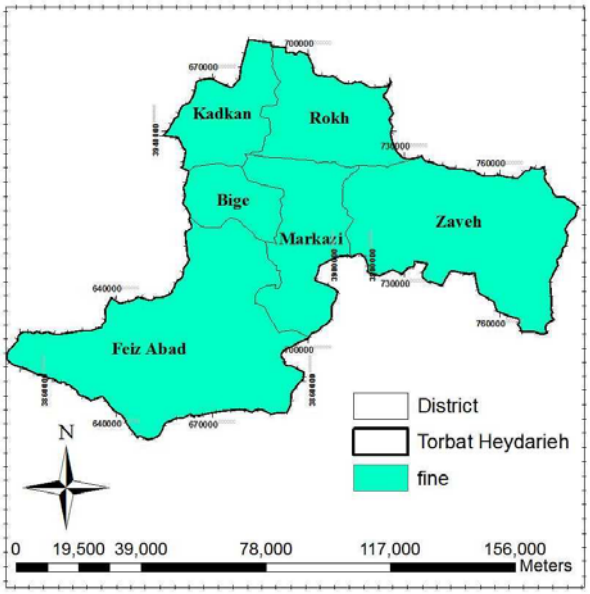
شکل ۷- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ده درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 7- Geographical distribution of probability of 10° temperature and less in generative phase of saffron



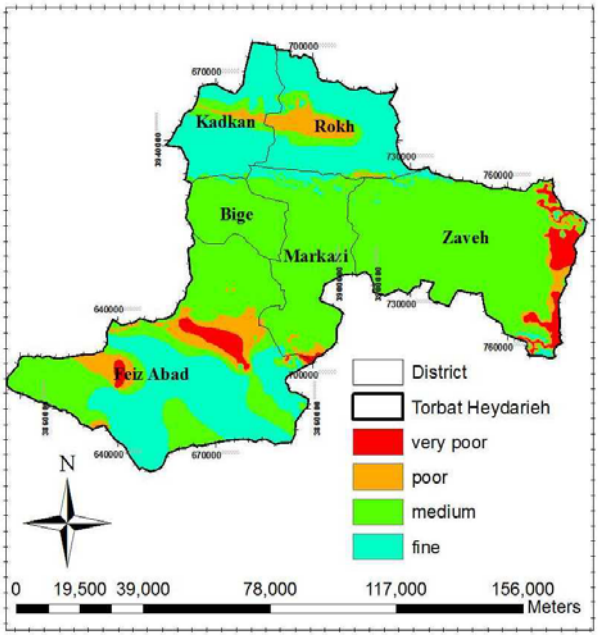
شکل ۸- توزیع جغرافیایی میانگین حداقل دما در مرحله رویشی زعفران

Fig. 8- Geographical distribution of minimum temperature average in vegetative phase of saffron



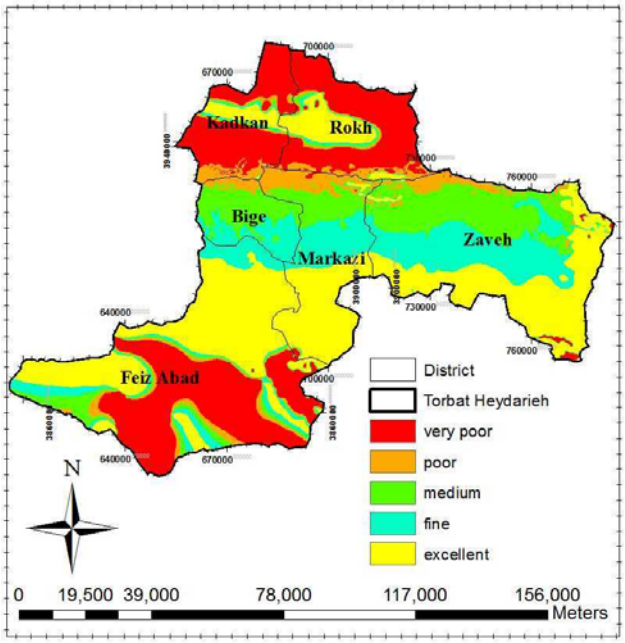
شکل۹- توزیع جغرافیایی میانگین حداکثر دما در مرحله رکود زعفران

Fig. 9- Geographical distribution of maximum temperature average in dormant phase of saffron



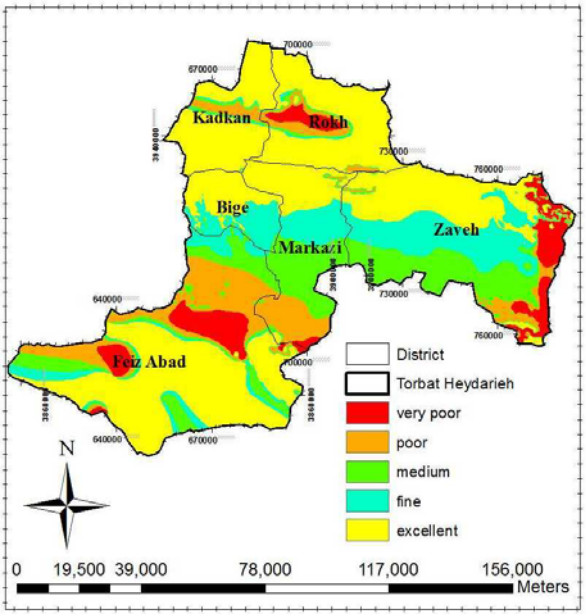
شکل ۱۰- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله زایشی زعفران

Fig. 10- Geographical distribution of rain average in generative phase of saffron



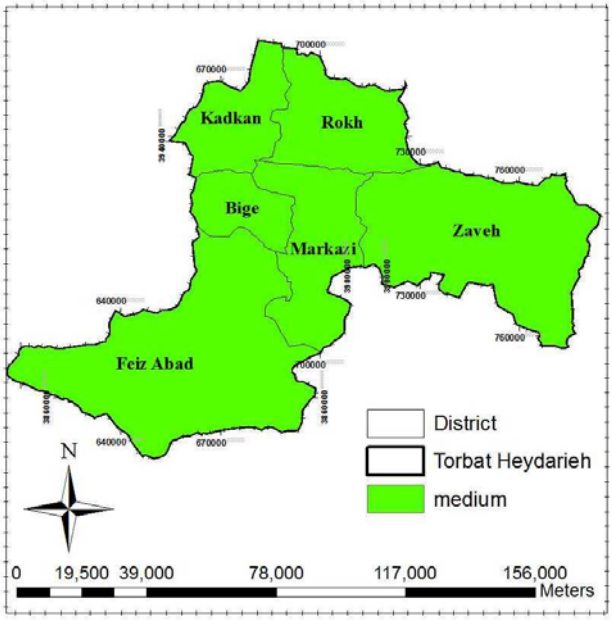
شکل ۱۱- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله رویشی زعفران

Fig. 11- Geographical distribution of rain average in vegetative phase of saffron



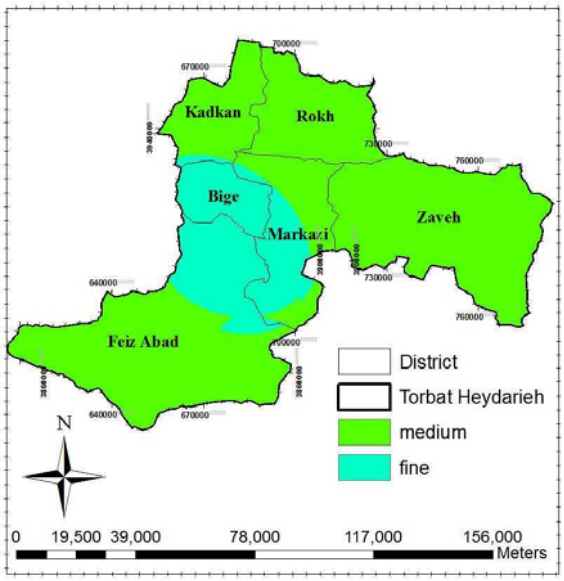
شکل ۱۲- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله رکود زعفران

Fig. 12- Geographical distribution of rain average in dormant phase of saffron



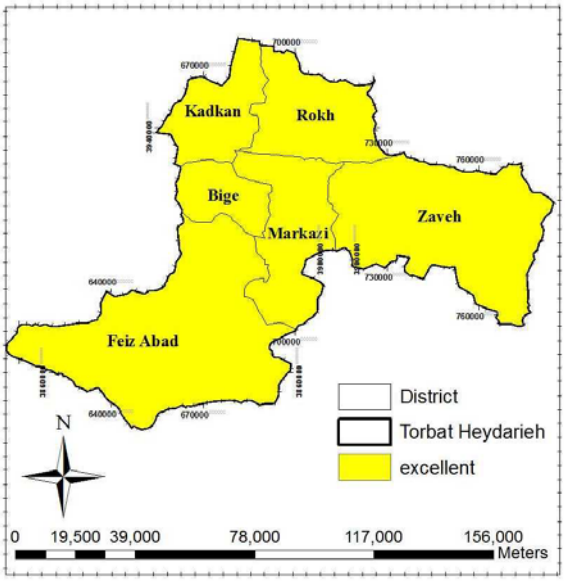
شکل ۱۳- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 13- Geographical distribution of sunny hours average in generative phase of saffron



شکل ۱٤- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله رویشی زعفران

Fig. 14- Geographical distribution of sunny hours in vegetative phase of saffron



شکل ۱۵- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله رکود زعفران

Fig. 15- Geographical distribution of sunny hours in dormant phase of saffron

به طور کلی نرخ ناسازگاری معیاری است جهت تشخیص معنی‌داری ماتریس‌های مقایسه زوجی و مقدار آن باید کمتر از ۰/۱ باشد (Dey & Ramcharan, 2000). با توجه به معیارهای مورد نظر نظیر دما، بارش و تعداد ساعات آفتابی، تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم افزار GIS صورت گرفت و پس از انجام مدل‌سازی فضایی و هم‌پوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه گردید.

نتایج و بحث

به منظور بررسی تغییرات مکانی که از اهداف اصلی این پژوهش بوده، در گام اول با در نظر گرفتن مراحل رشد زعفران و با توجه به این نکته که هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد، نقشه عوامل اقلیمی مورد نیاز هر مرحله از رشد ایجاد شد (شکل‌های ۴ تا ۱۴).

توزیع جغرافیایی احتمالات وقوع دماهای مناسب در مراحل رشد زعفران: با توجه به شکل‌های ۴ تا ۹ احتمال وقوع دمای صفر و پنج درجه و کمتر، در مناطقی از بخش‌های رخ، کدکن، بایگ و مرکزی دارای بیشترین مقدار می‌باشد و چنان‌چه این آستانه‌های دمایی در مرحله گلدهی به مقداری کمتر از این مقادیر کاهش یابد، به علت سرمازدگی و عدم تأمین حرارت مورد نیاز جهت جوانه‌زنی و رشد، باعث افت شدید عملکرد محصول می‌گردد، این در حالی است که سایر نقاط شهرستان از شرایط مطلوبی برخوردار هستند. از نظر احتمال وقوع دمای ده و ۲۲ درجه و کمتر که از شرایط آغاز دوره گلدهی می‌باشد، سایر نقاط شهرستان از شرایط مناسبی برخوردارند، در غیر این صورت گیاه سبزینه خواهد داد (Nokandi, 1999). بنابراین، با توجه به این‌که گلدهی زعفران توسط دما کنترل می‌شود (Kafi et al., 2001)، و دوره گلدهی حساس در عملکرد می‌باشد، در صورتی که سایر شرایط فراهم باشد، می‌توان عملکرد خوبی را در این مناطق انتظار داشت. از طرفی حداکثر بردباری زعفران به سرما در مرحله رشد رویشی ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای قابل تحمل در گرما برای این گیاه در مرحله رکود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008) که محدودیتی از نظر این آستانه‌های دمایی در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود.

توزیع جغرافیایی میزان بارندگی در مراحل رشد زعفران: با توجه به شکل ۱۰ اکثر مناطق شهرستان محدودیتی از نظر میزان بارش مورد نیاز در مرحله گلدهی ندارند، اما با توجه به شکل ۱۱ و توجه به این نکته که نزولات جوی بیشترین تأثیر را در رشد زعفران در مرحله رویشی دارند (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008)، می‌بایست تمهیدات لازم در خصوص تأمین آب مورد نیاز گیاه در این مرحله در مناطق شمالی و جنوبی شهرستان، صورت گیرد. از طرفی بارش در فصل تابستان که پیاز در خواب است برای گیاه مضر می‌باشد (Mohammadi et al., 2011) که با دقت در شکل ۱۲ حدود ۸۰ درصد از مساحت منطقه از شرایط مناسبی در این مرحله برخوردارند.

شکل ۱۶- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 16- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in Birth period of saffron

شکل ۱۷- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رویشی زعفران

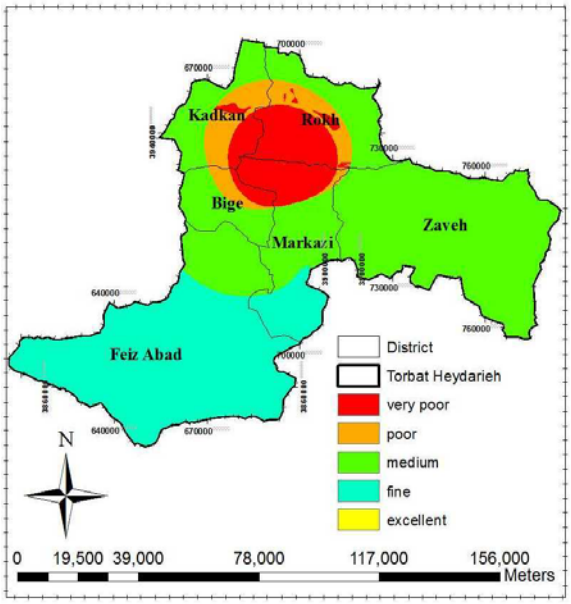
Fig. 17- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in germination period of saffron

شکل ۱۸- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رکود زعفران

Fig. 18- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in latency period of saffron

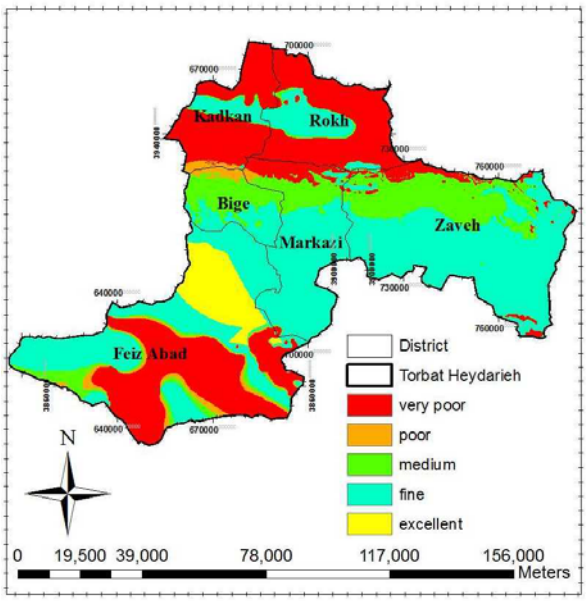
توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی: با توجه به شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ تعداد ساعات آفتابی مورد نیاز در کلیه مراحل رشد زعفران در سایر نقاط شهرستان تأمین شده و محدودیتی وجود ندارد. پس از تهیه لایه‌های مورد نیاز در هر مرحله از رشد زعفران، امتیاز نهایی برای هر یک از پارامترها و نرخ ناسازگاری ماتریس‌های عوامل مؤثر در مکان‌یابی، توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد که نتایج حاصل در شکل‌های ۱۶ تا ۱۸ نشان داده شده است.

نتایج پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران از نظر پارامترهای اقلیمی در هر مرحله از رشد این گیاه، در شکل‌های ۱۹ تا ۲۱ نمایش داده شده است که حاصل اعمال وزن‌های AHP در نقشه‌های ۳ تا ۱۴ می‌باشند:



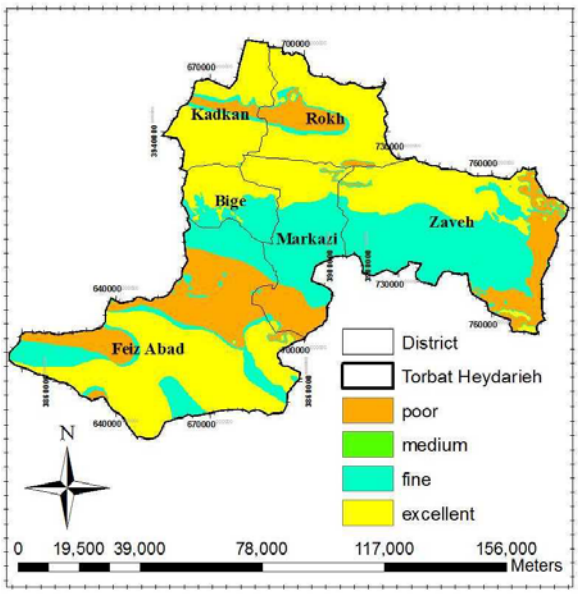
شکل ۱۹- پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در مرحله رشد زایشی

Fig. 19- Climatic potential of saffron cultivation in generative phase



شکل ۲۰- نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رشد رویشی

Fig. 20- Climatic potential of saffron cultivation in vegetative phase



شکل ۲۱- نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رکود

Fig. 21- Climatic potential of Saffron cultivation in Dormant phase

در مورد شرایط اقلیمی مرحله زایشی همان‌طور که در نقشه پهنه-بندی شهرستان (نقشه ۱۹) مشخص است، نیمه جنوبی منطقه از شرایط مناسب اقلیمی برخوردار می‌باشد. بر اساس کلاس‌های تعریف شده با توجه به شکل ۱۹ مشخص می‌شود که:

۱- ناحیه مناسب در جنوب شهرستان قرار دارد و مساحتی حدود ۳۲ درصد از منطقه را به خود اختصاص می‌دهد.

۲- ناحیه متوسط نیمه شمالی شهرستان را در بر گرفته و حدود ۵۲ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است.

۳- ناحیه ضعیف تنها در بخش کوچکی از نیمه شمالی شهرستان قرار گرفته و مساحت کمی در حدود شش درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد.

۴- ناحیه بسیار ضعیف قسمت‌هایی از بخش‌های رخ، مرکزی، بایگ و کدکن را شامل می‌شود و حدوداً ده درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص می‌دهد.

نقشه پهنه‌بندی شرایط اقلیمی در مرحله رشد رویشی زعفران، در شکل ۲۰ نشان داده شده است:

با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که نواحی شمالی و جنوبی شهرستان از شرایط نامناسبی برخوردارند. بر این اساس از پنج کلاس تعریف شده در این مرحله می‌توان دریافت که:

۱- منطقه بسیار مناسب حدود پنج درصد از مساحت را در بر می-گیرد و در قسمت‌هایی از نیمه شمالی بخش فیض‌آباد قرار دارد.

۲- ناحیه مناسب ۴۵ درصد از مساحت منطقه را در نواحی مرکزی و جنوبی و قسمت کوچکی از نواحی شمالی شهرستان به صورت پراکنده در بر می‌گیرد.

۳- منطقه متوسط که به صورت نواری در مرکز و قسمت‌های کوچکی از جنوب شهرستان را شامل شده است و حدوداً ۱۶ درصد منطقه را به خود اختصاص داده است.

۴- منطقه ضعیف مساحت بسیار کوچکی در حدود دو درصد از مناطق غربی شهرستان را تشکیل می‌دهد.

۵- منطقه بسیار ضعیف که قسمت‌هایی از شمال و جنوب شهرستان را در بر می‌گیرد و حدود ۳۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود و علت اصلی وجود این مناطق توزیع نامطلوب بارش-های زمستانه می‌باشد که می‌بایست آب مورد نیاز گیاه در این مناطق از طریق آبیاری تأمین گردد.

با توجه به نقشه حاصله از تلفیق معیارهای مورد نیار در مرحله رکود، نقشه ۲۱ حاصل شد:

بر طبق کلاس‌های تشکیل دهنده شکل ۲۱ مشخص می‌شود که:

۱- قسمت اعظم منطقه، در حدود ۴۹ درصد در نواحی شمالی و جنوبی شهرستان در وضعیت بسیار مناسب قرار دارد.

۲- وضعیت مناسب حدود ۳۰ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهد که عمده مراکز تجمع آن در مرکز شهرستان واقع شده است.

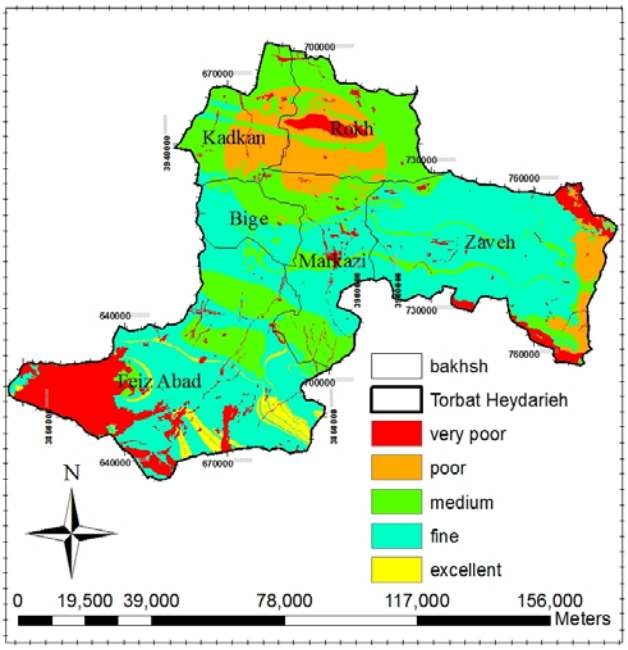
۳- وضعیت متوسط بخش بسیار کوچکی از منطقه را در حدود یک درصد شامل می‌شود و در نهایت وضعیت ضعیف که حدود ۲۰ درصد از مساحت شهرستان را در بر می‌گیرد و عامل اصلی آن بارندگی‌های تابستانه است که موجب از بین رفتن پیازها می‌گردد و می‌بایست تا حد امکان از کشت زعفران در این مناطق خودداری نمود.

در نهایت با تلفیق نقشه‌های مراحل سه گانه رشد (شکل‌های ۱۹ تا ۲۱)، و جدا کردن اراضی کشاورزی از نقشه کاربری اراضی در سطح شهرستان، نقشه نهایی پتانسیل اقلیمی زعفران حاصل گردید و پنج کلاس زیر در سطح شهرستان نمایان شد (شکل ۲۲).

نتیجه نهایی حاصل شده، عبارت است از تشخیص میزان تناسب اراضی برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه که مطابق طبقه‌بندی زیر ارائه گردیده است.

۱- مناطق بسیار مناسب (درجه ۱): به دلیل دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب در طول دوره رشد زعفران دارای عملکرد بالا هستند یا می‌توانند چنین عملکردی را در صورت فراهم بودن سایر پارامترهای مورد نیاز از جمله شرایط مطلوب خصوصیات خاک، آب و توپوگرافی، داشته باشند. این نواحی که حدود چهار درصد از مساحت شهرستان را در بر می‌گیرند و با رنگ زرد مشخص شده‌اند، قسمت‌هایی در جنوب شهرستان (نیمه جنوبی بخش فیض‌آباد) را شامل می‌شوند.

۲- مناطق مناسب (درجه ۲): از لحاظ عوامل اقلیمی مناسب زعفران، در شرایط ضعیف‌تری نسبت به مناطق بسیار مناسب قرار دارند، اما با کشت زعفران در این مناطق می‌توان عملکرد محصول به نسبت خوبی را از آن‌ها انتظار داشت. این ناحیه با مساحتی در حدود پنج هزار کیلومترمربع، عمده مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲۲- پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در تربت حیدریه

Fig. 22- Climatic potential of Saffron cultivation in Torbate Hydariyeh city

۳- مناطق متوسط (درجه ۳): دارای پتانسیل اقلیمی پایینی برای کشت زعفران می‌باشند، یعنی این‌که این نواحی که حدود ۲۷ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهند، برای کشت زعفران با ریسک مواجه بوده و احتمال کاهش عملکرد وجود دارد و لذا ضروری است برنامه‌ریزی‌های لازم صورت پذیرد. این ناحیه به طور عمده شمال و نوارهایی از مرکز و جنوب شهرستان را در بر می‌گیرد.

٤- مناطق ضعیف (درجه ٤): به دلیل عدم وجود شرایط اقلیمی مناسب، کشت زعفران در این مناطق مقرون به صرفه اقتصادی نیست. این ناحیه مناطقی از شمال و شرق شهرستان را تشکیل می‌دهد، و شامل نواحی شرقی بخش زاوه، شمال بخش مرکزی و قسمت‌های عمده بخش‌های رخ و کدکن می‌باشد. علت اصلی محدودیت این مناطق وجود شرایط نامناسب دمایی در مرحله گلدهی و شرایط نامناسب بارش می‌باشد.

٥- مناطق بسیار ضعیف (درجه ٥): در این نواحی که ده درصد از مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهند و شامل کاربری‌هایی غیر از کشاورزی نیز می‌باشند، امکان کشت زعفران وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

با عنایت به جمع‌بندی نتایج و در نظر گرفتن فاکتورهای مورد بررسی مشاهده شد که بیشترین مساحت شهرستان از پتانسیل اقلیمی بالایی برای کشت زعفران برخوردار می‌باشد. در حالی‌که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (Khaledi, 1994) و به‌کارگیری اطلاعات آب و هوایی، به منظور بهبود عملیات کشاورزی و افزایش تولید کشاورز از جنبه کیفی و کمی است. توجه به این نکته که شهرستان تربت حیدریه به عنوان بزرگترین قطب تولید زعفران در ایران و جهان محسوب می‌شود و با توجه به درآمد بالای این محصول، اقدام به کشت بی‌رویه زعفران در تربت حیدریه شده است که مشکلاتی از جمله کاهش کیفیت خاک و کاهش عملکرد را به دنبال داشته است. با توجه به این‌که هدف افزایش سطح زیر کشت در جهت افزایش عملکرد می‌باشد، لذا تعیین مناسب‌ترین مناطق کشت در کلیه اراضی در سطح شهرستان امری مهم تلقی می‌شود تا برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت افزایش عملکرد صورت گیرد و از کشت در نقاط نامناسب جلوگیری شود. بر اساس نقشه نهایی پس از جدا کردن کاربری‌هایی که قابلیت تغییر به اراضی کشاورزی را ندارند از نقشه کاربری اراضی، مشخص شد که بیشترین مساحت منطقه از شرایط مناسب اقلیمی برخوردار هستند و عمده محدودیت‌ها در نواحی شمالی منطقه و قسمت‌های کوچکی در شرق دشت زاوه می‌باشند که می‌بایست از کشت زعفران در این مناطق خودداری نمود یا برنامه-

ریزی‌های لازم از جمله آبیاری و کوددهی، صورت پـذیرد. در نهایـت ذکر این نکته نیز ضروری است که عـلاوه بـر عوامـل اقلیمـی سـایر عناصر از قبیل ارتفاع، شیب، نوع خاک و آب مورد استفاده نیز می‌تواند در فرآیند کشت محصول زعفران و در نتیجه جهت دستیابی به نتـایج دقیق‌تر، مؤثر باشند.

منابع

Asgharpour, M.J. 2006. Multi criteria decision making. Tehran University Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

Dey, P.K., and Ramcharan, E.K. 2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management 88: 1384-1395.

Farajzade, M., and Myrzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Human Sciences Modarres 50(1): 67-91. (In Persian with English Summary)

Hatami Sardashti, Z., Jami Al-Ahmadi, M., Mahdavi Damghani, A.M., and Behdani, M.A. 2011. Evaluation of sustainability in saffron agroecosystems in Birjand and Qaen counties. Journal of Agroecology 3(3): 396-405. (In Persian with English Summary)

Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Qazvin province for Saffron cultivation based on Multi-Criteria decision making method. Journal of Natural Geographic Research 66: 101-119. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Hemmatikakhaki, A., and Karbasi, A.R. 2002. History, Economic importance, cultivated area, production and saffron usages, in: Kafi, M. (Eds.), Saffron (*Crocus sativus* L.): Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad, Iran p. 21-38 (In Persian)

Kafi, M., Rashed Mohassel, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2001. Saffron: Technology of Production and Precessing. Zaban and Adab Publication, Mashhad, Iran 276 pp. (In Persian)

Kamali, G. 1997. Ecological study of dryland farming potential in West Country of climatic on dryland wheat. PhD dissertation, Science and Research Branch of Tehran, Islamic Azad University, Iran. (In Persian with English Summary)

Khaledi, S. 1994. Applied Climatology (Application of Climate in the Regional Planning). Qomes Publication, Tehran, Iran 295 pp. (In Persian)

Koozehgran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, S.H., and Behdani, M.A. 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in south Khorasan to identify relevant areas for saffron cultivation using GIS. Journal of Soil and Water 25(4): 892-904. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H.M., and Moghtaderi, G.A. 2005. The relationship between climatic elements and necrosis of date palm bunch using regression model. Wilderness 10(2): 339-348. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H., Ranjbar, F., and Soltani, M. 2011. Climatic potentials assessment for saffron cultivation in Marvdasht. Geography and Environmental Planning Journal 43(3): 143-158. (In Persian with English Summary)

Narayana Reddy, M., and Rao, N.H. 2011. GIS Based Decision Support Systems in Agriculture, National Academy of Agricultural Research Management Rajendranagar p. 1-11.

Nokandi, A.K. 1999. Effects of climatic factors on saffron cultivation in South Khorasan. MSc Thesis, Isfahan University. Iran. (In Persian with English Summary)

Omkarprasad, V., and Sushil, K. 2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications, April.

Tofigh, H. 1994. Multi criteria evaluation in physical planning. Journal of Abadi 11: 40-43. (In Persian)

Xue, Y.J., Hu, Y.M., Liu, S.G., Yang, J.F., Chen, G.C., and Bao, S.T. 2007. Improving land resource evaluation using fuzzy neural network ensembles. Remote sensing of Environment 11: 369-384.

Yazdchi, S., Rasuli, A.A., Mahmoudzadeh, H., and Zrrinbal, M. 2011. Land capability evaluation of Marand county intended for saffron cultivation using multi criteria decision analysis systems. Journal of Soil and Water Science 1(3): 151-170. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 237-253

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۵۳-۲۳۷

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.)

رقیه محمدپور وشوایی[1*]، محمد گلوی[2]، محمود رمرودی[2] و براتعلی فاخری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰٤/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲٦

چکیده

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعناع می‌باشد که دارای خواص ضداسپاسم، ضدعفونی‌کننده، ضدنفخ، ضدسرفه، خلط‌آور و آنتی‌اکسیدان می‌باشد. به منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری با ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کرت‌های فرعی شامل تغذیه گیاه با کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به صورت بذر مال بودند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار و درصد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن بودند. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۰۹ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۱۰۳/۵۲ و ۴۳/۲۷ گرم در بوته) و عملکرد اسانس (۰/۳۵۰ میلی‌لیتر در بوته) در تیمار ۹۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین حاصل شد. حداکثر مقدار اسانس با ۰/۴۱۳ درصد به تیمار ۷۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین تعلق داشت. مهم‌ترین جزء تعیین کننده عملکرد اسانس در آویشن وزن تر سرشاخه‌های گلدار بود. گیاهان تحت آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین درصد نسبی تیمول (برای کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۷۱/۳۲، ۵۰/۶۸ و ۴۷/۷۱ درصد) بودند که این اثر با کاهش محتوای پارا-سیمن همراه بود. کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید و موجب بهبود رشد، درصد و عملکرد اسانس و ترکیب فنلی تیمول آویشن شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بیوفسفر، تنش کم‌آبی، گیاهان دارویی، نیتروکسین، میکوریزا

مقدمه

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعناع[2] می‌باشد که در مناطق مختلف جهان رشد می‌کند (Davis, 1982). آویشن بومی منطقه غرب مدیترانه و جنوب ایتالیا است (Gigord et al., 1999). آویشن دارای برگ‌های کوچک نیزه‌ای سبز رنگ به طول شش تا ۱۲ میلی‌متر، ساقه کوتاه و چهار گوش است که ساقه در پایین چوبی و در بخش جوان‌تر سبز رنگ می‌باشد. اسانس در تمامی قسمت‌های گیاه وجود دارد، ولی بیشتر در سرشاخه‌های گلدار دیده می‌شود. به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند، آویشن دارای خواص ضداسپاسم، ضدعفونی کننده، خلط‌آور، ضدنفخ، ضدسرفه و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Dapkevicius et al., 2002). اسانس گیاه شامل مقادیر بسیار متغیری از ترکیب‌های فنلی مانند تیمول و کارواکرول (۲۰ تا ۸۰ درصد)، منوترپن‌های هیدروکربنی مانند پارا-سیمن، گاما-ترپینن و الکل‌هایی مانند لینالول، آلفا-ترپینن و توجان می‌باشد. معمولاً عمده‌ترین ترکیب‌های فنلی آویشن تیمول، کارواکرول و فلاونوئیدها می‌باشند که اغلب تصور می‌شود که خاصیت ضدباکتری، ضدنفخ، ضدکرم و ضدقارچ داشته باشند (Barnes et al., 2002; Leung & Foster, 1996; Jellin et al., 2000). نیک آور

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشدآگرواکولوژی، دانشیار، گروه زراعت و دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)
2- Lamiaceae

و همکاران (Nickavar et al., 2005) نشان دادند که اصلی‌ترین ترکیبات اسانس آویشن تیمول (۲۰/۸ درصد) و کارواکرول (۵۲/۸ درصد) می‌باشند. همچنین پارا-سیمن (۴/۱ درصد)، بورنئول (۱/۵ درصد) و گاما-ترپینن (۵/۴ درصد) از دیگر ترکیبات موجود در اسانس بودند. روستائیان و همکاران (Rustaiyan et al., 2000) ترکیب‌های اصلی موجود در اسانس آویشن را تیمول (۴۰/۸ درصد)، کارواکرول (۲۴/۸ درصد)، گاما-ترپینن، پارا-سیمن و بورنئول گزارش نمودند. بارانائوسکین و همکاران (Baranauskiene et al., 2003) ترکیبات اصلی عصارهٔ آویشن را تیمول (۴۴/۴ تا ۵۸/۱ درصد)، پارا-سیمن (۹/۱ تا ۲۸/۵ درصد)، گاما-ترپینن (۶/۹ تا ۱۸/۹ درصد) و کارواکرول (۲/۴ تا ۴/۲ درصد) گزارش نمودند.

در پی بحران آلودگی‌های زیست محیطی، به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از کودهای زیستی استفاده شده است (Sharma, 2002). کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین نمایند (Han & Supanjani, 2006). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (Wu et al., 2005). علاوه بر این موجب بهبود کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند (Cardoso & Kuyper, 2006). در حال حاضر ثابت شده است که این باکتری‌ها با مکانیسم‌های متعددی سبب افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌شوند. افزایش فراهمی عناصر با افزایش انحلال مواد و عناصر غذایی و تولید مواد کلات‌کننده در محیط ریزوسفر، افزایش جذب عناصر غذایی، بیوسنتز هورمون‌های گیاهی، کنترل پاتوژن‌های گیاهی و مقاومت گیاه در مقابل آن‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و حتی اسیدیته بالای خاک از جمله این مکانیسم‌ها می‌باشند (Glick et al., 1998; Chen, 2006; Nagananda et al., 2010). در برخی منابع به تأثیر مثبت کودهای بیولوژیک در بهبود رشد گیاه دارویی آویشن باغی (Vital et al., 2002) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) (Leithy et al., 2006) اشاره شده است. حضور باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* در محیط ریشه برخی گیاهان *دارویی* از جمله پروانش (*Catharanthus roseus* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، و صبر زرد[1] (*Coleus forskohlii* L.) گزارش شده است، به طوری‌که جمعیت این باکتری‌ها در هر چهار گونه گیاه دارویی در مقایسه با محیط غیر ریشه‌ای گیاهان بیشتر بود. این نتایج می‌تواند در معرفی کودهای بیولوژیک برای تولید تجاری این گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Karthikeyan et al., 2008). میجاهد و همکاران (Migahed et al., 2004) در بررسی اثر باکتری‌های *Azospirillum lipoferum*، *Azotobacter chroococcum* و *Bacillus megaterium* به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر بر رشد و عملکرد کرفس وحشی (*Apium graveolens* L.) گزارش نمودند که کاربرد این باکتری‌ها منجر به تولید مواد محرک رشد گیاه در محیط ریشه گردید و از طرف دیگر، افزایش رشد، عملکرد و اسانس گیاه در مقایسه با تیمارهای تلقیح نشده را به همراه داشت. نتایج مطالعه شباهنگ و همکاران (Shabahng et al., 2014) روی اثر سطوح کود دامی و تلقیح با قارچ همزیست *مایکوریزا* بر رشد، عملکرد کمّی و کیفی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) نشان داد که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان داد که همزیستی با مایکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. در گیاه گندمی یا گندمک آبی (*Vallisneria spiralis* Tiger) کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی مخلوط باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas rubiacearum* در ترکیب با کود آلی کمپوست سبب ۳۴ درصد افزایش وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهایی شد که تنها از کود آلی استفاده شده بود. علاوه بر این جمعیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در محیط ریشه گیاه در این تیمار افزایش یافت (Young et al., 2004). نتایج حاصل از مطالعه عبدالجلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007) حاکی از آن بود که تیمار گیاهچه‌های گیاه دارویی پروانش با باکتری محرک رشد گیاه *سودوموناس* (*Pseudomonas fluorescens*) سبب افزایش عملکرد زیست‌توده و میزان آلکالوئید در گیاه در شرایط تنش آب

1- Aloe vera

گردید. نتایج تحقیق یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) حاکی از آن بود که استفاده از کود بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه در چین‌های اول و دوم در طی دو فصل گردید. این محققان اظهار داشتند که کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات و جایگزینی آن‌ها با تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی در بهبود ویژگی‌های رشدی و ترکیبات اسانس گیاه مریم‌گلی کارآیی بالایی دارند. جوشی و همکاران (Joshee et al., 2007) در گیاه دارویی بشقابی (*Scutellaria integrifolia* L.) گزارش نمودند که تلقیح ریشه این گیاه با *مایکوریزا* نه تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه مؤثر بوده است، بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک‌های حاشیه‌ای که با کمبود فسفر نیز مواجه هستند، افزایش داده است. سایلو و باگیاراج (Sailo & Bagyaraj, 2005) در بررسی اثر گونه‌های مختلف قارچ *مایکوریزا آربوسکولار* بر رشد گیاه دارویی صبر زرد گزارش نمودند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه، زیست‌توده گیاه و همچنین میزان فسفر و ماده مؤثره فورسکولین در گیاهان تحت تیمار قارچ *مایکوریزا* نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج تحقیق راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) حاکی از آن بود که ترکیب قارچ *مایکوریزا* با باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *باسیلوس* و *آزوسپیریلوم* منجر به افزایش زیست‌توده و میزان فسفر در گیاه دارویی علف‌لیمو (*Cymbopogon martini* L.) گردید.

افزایش محتوای داروئی ترکیبات مطلوب گیاهان دارویی با دستکاری تکنیک‌های زراعی از جمله آبیاری، کوددهی یا سیستم‌های فتوبیوراکتور امکان‌پذیر می‌باشد. در طول فرآیند تکامل و تولید متابولیت‌های ثانویه، متابولیسم ثانویه گیاه و متابولیت‌های حاصل از آن تحت تأثیر پاسخ و سازگاری تنش‌های محیطی متفاوت پیوسته به عوامل محیطی از جمله عوامل زنده و غیر زنده می‌باشند (Xia et al., 2007). تنش‌های زنده و غیر زنده اثر قابل ملاحظه‌ای بر رشد، عملکرد و سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند (Dixon & Paiva, 1995).

کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست (Babaee et al., 2010). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، به خصوص مراحل گلدهی و دانه‌بندی محدودکننده عملکرد است (Kalamian et al., 2006). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم (که به نحوی کارآیی فتوسنتز را کاهش می‌دهند.)، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. تنش آب به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند، کاهش دهد. از این‌رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود. سیمون و همکاران (Simon et al., 1992) با بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبی روی گیاه ریحان مشاهده نمودند که با تشدید کمبود آب وزن خشک برگ و ساقه کاهش یافت. مانی رام و همکاران (Muni Ram et al., 1995) ضمن بررسی رژیم‌های مختلف رطوبت خاک بر گونه‌ای از نعناع نتیجه گرفتند که افزایش رطوبت خاک، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را به طور معنی‌داری افزایش داد. فاروغی و همکاران (Farooqi et al., 1999) دریافتند که تنش آبی در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش گیاه سنبل هندی (*Cymbopogon winterianus* L.) باعث کاهش عملکرد اندام رویشی، ارتفاع گیاه و سطح برگ شد. الکایر و همکاران (Alkire et al., 1993) با بررسی اثر آبیاری کامل، آبیاری مختصر و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperata* L.) نتیجه گرفتند که تنش آبی طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش می‌دهد. رضاپور و همکاران (Rezapor et al., 2011) طی آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد اسانس گردید.

با توجه به اهمیت ترکیب‌های فنلی اسانس آویشن (تیمول) در صنعت داروسازی و از آن‌جا که هدف جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کیفیت، کمیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد، به نظر می‌رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی داشته باشد. از طرف دیگر استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسأله مهم در جهت

حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد که تحت تنش آب می‌تواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد (Gliessman, 1998). بنابراین، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی و تنش خشکی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریای آزاد در سال‌های زراعی۱۳۹۰-۱۳۹۱ و۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق دما ۴۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۵۳ و ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. بر اساس نتایج آزمایش خاک از عمق صفر تا۳۰ سانتی‌متر، بافت خاک رسی- سیلتی، اسیدیته ۷/۱۶، هدایت الکتریکی ۱/۵dS.m^{-1}، نیتروژن کل ۰/۱۷ درصد، فسفر قابل دسترس ۱۲ppm و پتاسیم قابل دسترس ۱۴۰ppm تعیین شد.

بذور مورد نیاز برای کشت، از سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد و در ۱۵ اسفند سال۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ کشت گردیدند. طرح مورد آزمایش اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار بود. عامل اصلی شامل تنش خشکی با چهار سطح (آبیاری ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل فرعی شامل کود زیستی با سه سطح نیتروکسین (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* sp. با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر)، بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم) و قارچ *مایکوریزا* (*G. intraradices*) بود. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO[1]) و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. عملیات بذرمال کردن کودها شامل قرار دادن بذور به مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی بود. برای تلقیح بذور با قارچ *G. intraradices*، ابتدا بذور آویشن با محلول صمغ عربی (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) ترکیب و سپس با قارچ *G. intraradices* آغشته گردید. پس از تلقیح و خشک شدن بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید بلافاصله اقدام به کاشت گردید. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

کاشت به صورت هیرم‌کاری صورت گرفت. بدین منظور سه تا چهار بذر در داخل هر کرت آزمایش در کپه‌هایی با عمق سه سانتی-متر قرار گرفت. کرت‌های آزمایشی از شش خط پنج متری تشکیل شده بود. فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین بوته‌های هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین دو کرت دو متر و فاصله بین تکرارها نیز سه متر بود. رطوبت در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب ۲۸/۵ و ۱۲/۵ درصد حجمی خاک تعیین گردید. تفاضل رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت نقطه پژمردگی، به عنوان رطوبت قابل دسترس در نظر گرفته شد. هر روز درصد حجمی رطوبت خاک تعیین شد و زمان آبیاری تیمارهای مختلف به دست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی با تانکر انجام شد. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت‌سنج TDR[2] مدل دلتا تی (Delta-T Devices Ltd. UK) انجام گرفت. عملیات تنک کردن در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. وجین علف-های‌هرز در سه نوبت با دست انجام گردید. برداشت در مرحله گلدهی (سال ۱۳۹۱ در اول خرداد و سال ۱۳۹۲ در ۱۲ خرداد) انجام شد. صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار، درصد اسانس و عملکرد آن روی ده بوته که به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. در مرحله برداشت سرشاخه ده بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و وزن شدند. سپس در سایه و در جریان باد خشک شدند و وزن خشک آن‌ها بر حسب گرم در بوته محاسبه شد. از هر نمونه خشک شده ۱۰۰ گرم آسیاب گردید و به مدت دو ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین شد. ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس توسط دستگاه

1- Mehr Asia biotechnology company
2- Time domain reflectometry

کروماتوگرافی گاز (GC) (کروماتوگرافی گازی مدل شیماتزو[1] مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده پرداز Chromatepac، ستون DB-5 و نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۲۲/۷ سانتی‌متر بر ثانیه، برنامه حرارتی ۲۵۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت چهار درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.) و کروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) (کروماتوگرافی گازی Varin-3400 متصل شده با طیف‌سنج جرمی (Saturn II)، ستون DB-5 و نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، دتکتور Ion trap، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۳۵ میلی‌لیتر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون-وات، برنامه حرارتی ۲۴۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت سه درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود.) واقع در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تجزیه شد. پس از تزریق اسانس به دستگاه‌های نامبرده، با استفاده از زمان بازداری ترکیب‌ها (tR)، اندیس بازداری (RT) طیف جرمی و مقایسه این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد و یا با اطلاعات موجود در کتابخانه نسبت به شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس اقدام گردید. درصد کمی این ترکیب‌ها نیز با محاسبه سطوح زیر منحنی در کروماتوگرام‌ها محاسبه شد (Adams, 2001).

ویژگی‌های مورد بررسی برای دو سال تجزیه مرکب و مقایسه میانگین شدند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS[2] (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت.

نتایج و بحث

رشد رویشی

اثر تنش کمبود آب بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه (۳۰/۹۲ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (۹۵/۱۱ و ۳۷/۵۳ گرم در بوته) در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۲۲/۲۳ سانتی‌متر و ۴۰/۷۹ و ۲۲/۸۱ گرم در بوته) در تیمار آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (جدول ۲). تیمار کودی اثر معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار داشت (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه (۲۸/۴۸ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (۷۷/۹۱ و ۳۴/۱۲ گرم در بوته) در تیمار کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۲۲/۳۷ سانتی‌متر و ۶۱/۱۶ و ۲۶/۴۹ گرم در بوته) در تیمار کود زیستی مایکوریزا مشاهده شد (جدول ۲). برهمکنش تیمارهای کودی و تنش کمبود آب برای ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی نیتروکسین بیشترین ارتفاع گیاه (۳۵/۰۹ سانتی-متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۱۰۳/۵۲ و ۴۳/۲۷ گرم در بوته) و در تیمار آبیاری با۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی مایکوریزا کمترین مقدار آن‌ها (به ترتیب ۱۹/۵۵ سانتی-متر و ۳۵/۱۸ و ۱۸/۹۸ گرم در بوته) به دست آمد (جدول ۳).

ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می-گیرند (Erkossa et al., 2002). پارامترهای رشد رویشی با افزایش تنش خشکی کاهش یافتند. کاهش عملکرد در طی افزایش سطح تنش خشکی بر اساس نظر سروالی و همکاران (Sreevalli et al., 2001) می‌تواند مربوط به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش‌های هوایی گیاه باشد. تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی می‌گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول-ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی می‌باشند (Kusaka et al., 2005). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌هاست. کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به

1- Shimatzu
2- Statistical analysis system

همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Omidbaygi et al., 2003). لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) در آزمایش گلخانه‌ای، اثرات سه سطح آب خاک ۶۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر روی گیاه آویشن مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد. بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) اذعان داشتند که تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک اندام رویشی آویشن را کاهش می‌دهد. جانسن و همکاران (Janssen et al., 1987) بیان داشتند که وزن تر و خشک گیاه آویشن اسپانیایی با افزایش تنش آبی کاهش می‌یابد.

براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد ماده خشک در گیاه کاسته می‌شود، اما با به‌کارگیری کود زیستی به ویژه در سطوح بالای تنش خشکی می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست که این مسأله را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارآیی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش به سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به دنبال خواهند داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد کمی و کیفی آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 1- Combined analysis of variance of quantitative and qualitative yield of thyme under drought stress and biofertilizer

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean sum of squares				
		ارتفاع بوته Plant height	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	درصد اسانس Essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال Year	1	29.42**	99.36ns	274.98*	0.00301ns	0.00461ns
تکرار (سال) Replication (year)	2	0.13	17.43	2.98	0.00048	0.00198
تنش خشکی Drought stress	3	184.92**	6618.28**	500.90**	0.00322**	0.06580**
سال× تنش خشکی Year× drought stress	3	3.29**	28.93ns	1.39ns	0.00005ns	0.00006ns
تکرار× تنش خشکی (سال) Replication× drought stress (year)	6	0.10	24.46	0.88	0.00004	0.00152
کود زیستی Biofertilizer	2	160.60**	1130.53**	241.90**	0.00881**	0.02290**
تنش خشکی× کود زیستی Drought stress× biofertilizer	6	7.87**	44.66**	7.92**	0.01790**	0.00280**
سال× کود زیستی Year× biofertilizer	2	3.66**	58.41**	3.18**	0.00025*	0.00011ns
تنش خشکی× کود زیستی× سال Drought stress× biofertilizer× year	6	0.79**	6.85ns	4.12**	0.00031**	0.00014ns
خطا Error	16	0.11	4.62	0.51	0.00007	0.00032
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.28	3.11	2.38	2.44	7.61

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non significant respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آویشن (مرکب)

Table 2- Mean comparisions of drought stress and biofertilizer simple effects on quantitative and qualitative yield of thyme (Combined)

تیمار Treatments	سطوح Levels	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (میلی-لیتر در بوته) Essential oil yield ($ml.plant^{-1}$)
تنش خشکی Drought stress	۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity	30.92[a*]	95.11[a]	37.53[a]	0.319[d]	0.305[a]
	۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	27.07[b]	79.61[b]	32.44[b]	0.357[a]	0.281[a]
	۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	23.41[c]	60.97[c]	26.68[c]	0.346[b]	0.211[b]
	۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity	22.23[d]	40.79[d]	22.81[d]	0.332[c]	0.141[c]
کود زیستی Biofertilizer	مایکوریزا Mycorrhiza	22.37[c]	61.16[c]	26.49[c]	0.316[c]	0.204[c]
	بیوفسفر Biophosphorus	26.88[b]	68.28[b]	28.99[b]	0.337[b]	0.2219[b]
	نیتروکسین Nitroxin	28.48[a]	77.91[a]	34.12[a]	0.363[a]	0.277[a]

* در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* In the each column for every treatment, similar letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Han & Supanjani, Rademacher, 1994; Kader, 2002; 2006). باکتری‌های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پ مصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک‌ها موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی می‌شوند (Han & Supanjani, 2006; Gutierrez-Manero et al., 2001).

دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد. در منابع مختلف به نقش مفید و مؤثر میکروارگانیزم‌ها در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی اشاره شده است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) مشاهده کردند که کاربرد مایه تلقیح *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* و قارچ *مایکوریزا* منجر به افزایش ارتفاع، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول گیاه سیاهدانه نسبت به شاهد گردید. در این میان تلفیق *مایکوریزا* و *آزوسپیریلوم* بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشت. وینوتا (Vinutha, 2005) گزارش نمود که تلقیح گیاه ریحان با گونه‌های مختلف باکتری *ازتوباکتر* و قارچ *گلوموس* سبب افزایش زیست‌توده، سرعت رشد و میزان اسانس گیاه می‌شود. در تحقیقی کاربرد کود زیستی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه مریم گلی در چین‌های اول و دوم طی دو فصل گردید (Youssef et al., 2004). اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) نشان داد که کود فسفات زیستی دارای تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک می‌باشد (Darzi et al., 2008). وو و همکاران (Wu et al., 2005)

علت بهبود ارتفاع گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با کودهـای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز عنوان کردند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آویشن (مرکب)

Table 3- Mean comparisons of drought stress and biofertilizer interaction on quantitative and qualitative yield of thyme (Combined)

تنش خشکی Drought stress	کود زیستی Biofetilizer	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight (g.plant^{-1})	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (میلی-لیتر در بوته) Essential oil yield (mL.plant^{-1})
۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	26.67^{d*}	87.59^{c}	34.21^{c}	0.203^{h}	0.180^{ef}
	بیوفسفر Biophosphorus	31.01^{b}	94.21^{b}	35.11^{c}	0.278^{g}	0.260^{c}
	نیتروکسین Nitroxin	35.09^{a}	103.52^{a}	43.27^{a}	0.345^{ed}	0.350^{a}
۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	22.52^{g}	66.25^{e}	28.88^{e}	0.335^{ef}	0.260^{c}
	بیوفسفر Biophosphorus	27.100^{c}	80.30^{d}	31.22^{d}	0.363^{c}	0.303^{b}
	نیتروکسین Nitroxin	30.70^{b}	92.29^{bc}	37.22^{b}	0.413^{a}	0.323^{ab}
۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	20.75^{h}	55.63^{f}	23.91^{f}	0.328^{f}	0.213^{de}
	بیوفسفر Biophosphorus	24.50^{e}	58.97^{f}	25.72^{f}	0.353^{cd}	0.240^{cd}
	نیتروکسین Nitroxin	24.99^{e}	68.32^{e}	30.41^{de}	0.393^{b}	0.263^{c}
۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	19.55^{h}	35.18^{h}	18.98^{g}	0.323^{f}	0.015^{f}
	بیوفسفر Biophosphorus	23.99^{ef}	39.66^{h}	23.89^{f}	0.350^{cde}	0.076^{g}
	نیتروکسین Nitroxin	23.16^{fg}	47.53^{g}	25.57^{f}	0.380^{b}	0.195^{e}

* در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* In the each column for every treatment, similar letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

تیمار کود زیستی نیتروکسین بیشـترین رشـد رویشـی را حاصـل نموده است و پس از آن بیوفسفر و مایکوریزا قرار داشتند. افزودن کود زیستی نیتروکسین به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مـورد نیـاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآینـدهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبـات افزایش دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت رشد رویشی را فـراهم آورده است. *آزوسپیریلوم* موجود در نیتروکسین، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقـب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیـده اسـت و از ایـن طریق در افزایش عملکرد سرشاخه‌های گلدار تـأثیرگـذار بـوده اسـت (Tilak et al., 2005). *ازتوباکتر* موجـود در نیتروکسـین بـا تولیـد ترکیبات ضدقارچی بر علیه بیماری‌هـای گیـاهی و همچنـین تقویـت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه در نهایت بهبود رشد گیاه را به دنبـال داشـته است (Chen, 2006). در محیط ریشه گیاه، *ازتوباکتر* و *آزوسـپیریلوم* توانایی ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیک فعال ماننـد اکسـین‌هـا، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیـک، اسـید پنتوتنیـک، بیوتین و غیره را دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا نمـوده‌انـد (Karthikeyan et al., 2008). گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* موجود در نیتروکسـین بـا کنتـرل قـارچ‌هـای بیمـاری‌زا (Pal et al., 2001) و از طریق سازوکارهای مختلفی از جملـه تولیـد سـیدروفورها،

سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه شدند (Abdul-Jaleel et al., 2007). از آن‌جایی که کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودهای مورد استفاده کامل‌تر می‌باشد، بنابراین رشد بهتر گیاه در نتیجه استفاده از این کود دور از انتظار نمی‌باشد.

درصد و عملکرد اسانس

در تجزیه مرکب دو سال زراعی نوع کود زیستی، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد و عملکرد اسانس آویشن داشتند (جدول ۱). بیشترین درصد اسانس (۰/۳۵۷ درصد) از گیاهان تحت تنش آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. کمترین درصد اسانس (۰/۳۱۹ درصد) برای گیاهان تحت تنش آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۲). در آزمایش‌های لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) روی آویشن نیز بیشترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. تصور بر این است که در شرایط تنش خشکی و کم‌آبی تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد. تنش خشکی تا میزان ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، موجب افزایش درصد اسانس شده است و با افزایش بیشتر تنش خشکی درصد اسانس کاهش یافت. با افزایش تنش خشکی برای جلوگیری از مخاطرات حیاتی برای گیاه، درصد اسانس کاهش یافته است. تأثیر تنش خشکی بر کاهش درصد اسانس گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش درصد اسانس می‌باشد. رفعت و صالح (Refaat & Saleh, 1997) در ریحان نیز گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس افزایش می‌یابد. لتچامو و گاسلین (Letchamo & Gasselin, 1996) اثر سه رژیم رطوبتی ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر گیاه آویشن بررسی و مشاهده نمودند که بالاترین درصد و عملکرد اسانس در شرایط ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد که این نتیجه در توافق با یافته‌های این تحقیق بود.

بیشترین عملکرد اسانس (۰/۳۰۶ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت تنش آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که اختلاف آن با گیاهان تحت تنش آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش بیشتر تنش خشکی عملکرد اسانس کاهش یافت و به کمترین مقدار خود رسید، طوری‌که کمترین مقدار عملکرد اسانس (۰/۱۴۱ میلی‌لیتر در بوته) برای گیاهان تحت تنش آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۲). این مسأله ناشی از این است که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین علل از دست دادن محصول در سرتاسر جهان است و موجب کاهش ۵۰ درصد و بیشتر عملکرد می‌گردد (Wang et al., 2003). کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک می‌تواند ناشی از اثر زیان‌بار تنش آبی بر رشد و توسعه پیکره رویشی گیاه باشد. از آن‌جا که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد سرشاخه‌های گلدار گیاه می‌باشد و مهم‌ترین جزء عملکرد اسانس عملکرد پیکره رویشی گیاه بود (جدول‌های ۵ و ۶). بنابراین، اگر چه در شرایط کم آبی درصد اسانس افزایش یافته است، ولی به دلیل کاهش محسوس عملکرد سرشاخه‌های گلدار، عملکرد اسانس کاهش یافت. آب بافت‌های گیاهان تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد و این مسأله موجب محدود شدن فتوسنتز می‌گردد. واکنش گیاه به کمبود آب، بستن سریع روزنه‌ها برای جلوگیری از دست دادن آب بیشتر از طریق تعرق می‌باشد. در نتیجه انتشار CO_2 از برگ محدود می‌گردد و این مسأله موجب محدود شدن فتوسنتز در محل پذیرش ریبولوز ۱، ۵ بیوفسفات کربوکسیلاز/ اکسیژناز (Coronic et al., 1992) یا بازداری مستقیم آنزیم‌های فتوسنتزی مانند روبیسکو (Haupt-Herting & Fock, 2000) یا ساخت ATP (Nogues & Baker, 2000) می‌گردد. علاوه بر این، شرایط تنش باعث شکل‌گیری رادیکال سوپر اکسید (O_2) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال هیدروکسیل (OH) می‌گردند (Sairam & Saxena, 2000; Turkan et al., 2005). فعالیت این گونه‌های فعال اکسیژن (ROS[1]) باعث بروز صدماتی مثل اکسید شدن چربی‌ها، تغییر ساختار غشاء و از هم‌پاشیدگی یکپارچگی آن، تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مثل کلروفیل، حمله به مولکول‌های آبی مثل DNA و اختلال در این رشته‌های پروتئینی می‌گردد (Mohanty, 2003; Mittler, 2002; Habibi et al., 2004). این صدمات فیزیولوژیک موجب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌ها و از بین رفتن کلروفیل می‌گردد. کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و از بین رفتن کلروفیل موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز

1- Reactive oxygen speices

(کاهش گلوکز پیش‌ماده اسانس‌ها) و اجزای رشد رویشی و در نهایت کاهش عملکرد اسانس می‌گردد. اثرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس توسط رفات و صالح (Refaat & Saleh, 1997) در ریحان و لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) در آویشن و سولیناس و دایانا (Solinas & Deiana, 1996) در اکلیل کوهی (*Rosmarinus officinalis* L.) نیز گزارش گردیده است.

بیشترین درصد و عملکرد اسانس (۰/۳۶۳ درصد و ۰/۲۷۷ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت کود زیستی نیتروکسین به دست آمد و پس از آن به ترتیب کودهای بیوفسفر و مایکوریزا قرار داشتند (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی حاکی از آن بود که بیشترین درصد اسانس (۰/۴۱۳ درصد) از گیاهان تحت کشت کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار آن (۰/۲۰۳ درصد) از گیاهان تحت کشت کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). تحقیقات نشان داده است که CO_2 و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارند. کود زیستی از طریق کمک به جذب نیتروژن و فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و نهایتاً افزایش درصد اسانس شده است (Sangwan et al., 2001). عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2007) در رزماری و قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش (*Origanum Majorana* L.) افزایش مقدار اسانس در اثر تلقیح با *ازتوباکتر* و *باسیلوس* را ناشی از افزایش تعداد غده‌های ترشحی و بیوسنتز مونوترپن‌ها بیان کردند. علاوه بر این، به دلیل این‌که تیمول جزو ترکیبات فلاونوئیدی می‌باشد، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین مقادیر اضافی نیتروژن معمولاً رشد را تحریک نموده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند (Omidbaygi & Nobakht, 2001) ولی چون اسانس‌ها از گروه مواد شیمیایی ترپن‌ها بوده و یا منشأ ترپنی دارند و واحدهای سازنده ترپن‌ها ازجمله ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی‌متیل‌آلیل پیروفسفات (DMAPP) نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های فوق ضروری می‌باشد، بنابراین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن توسط ریشه آویشن، موجب افزایش درصد اسانس این گیاه داروئی شده‌اند. دلیل بهبود کیفیت گیاهان دارویی در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک به اثرات متقابل گیاه با ریزجاندار و انتقال سیگنال توسط ریزجاندار نسبت داده شده است (Karthikeyan et al., 2008). همچنین گزارش شده است که برخی از ریزموجودات خاکزی باعث تحریک مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (Demir, 2004). این موضوع با نتیجه تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) در رازیانه، راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) در علف لیمو، قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش و محفوظ و شرف‌الدین (Mahfoz & Sharaf-Eldin, 2007) در رازیانه مطابقت داشت. لیتی و همکاران (Leithy et al., 2006) در آزمایشی به اثر مثبت استفاده از کود بیولوژیک *ازتوباکتر* در افزایش اسانس گیاه دارویی رزماری اشاره داشتند. نتایج پژوهش کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیانگر اثر مثبت کاربرد کود زیستی مایکوریزا بر درصد اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بود. همچنین محفوظ و شرف الدین (Mahfoz & Sharaf-Eldin, 2007) بر روی گیاه رازیانه نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس گیاهان مذکور شد.

بیشترین عملکرد اسانس (۰/۳۵۰ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت تیمارهای کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که اختلاف آن با تیمارهای‌کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۳۲۳ میلی‌لیتر در بوته) معنی‌دار نبود. کمترین مقدار آن (۰/۰۱۵ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت تیمار-های کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). با توجه به اثر متقابل بین تیمارها، اختلاف عملکرد اسانس را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. به نظر می‌رسد که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکنین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان- ۱- کربوکسیلیک دی‌آمیناز- ۷ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتریت ACC به وسیله آنزیم ACC دآمیناز اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسید آسکوربیک مهم‌ترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir et al., 2004). به عبارت دیگر، کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در تعدیل شرایط تنش کم‌آبی از طریق بهبود فراهمی عناصر، ترشح مواد تحریک‌کننده رشد و تسریع

مراحل اولیه‌ای رشد مانند ریشه‌دوانی، جوانه‌زنی و سبز شدن مفید واقع شود (Nagananda et al., 2010). در تحقیقی کاربرد *باسیلوس* روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و زیست‌توده شد و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد (Banchio et al., 2009). با توجه به نتایج مصرف کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش کم‌آبیاری می‌توانند نقش مفیدی در جهت کاهش خسارت‌های شرایط تنش‌زا داشته باشند و مهم‌تر آن که، جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی، نوید بخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در آینده می‌باشد.

ترکیب اسانس

سطوح مختلف کود زیستی و تنش خشکی موجب تغییر (افزایش و کاهش) اسانس گیاه آویشن شدند (جدول ۴). ترکیبات فنلی مهم‌ترین ترکیبات معطر گیاه آویشن بودند. مهم‌ترین ترکیبات فنلی تیمول (۳۹/۴۹ تا ۷۱/۳۲ درصد) و کارواکرول (۰/۰۹ تا ۲/۱۰ درصد) بودند و پس از آن هیدروکربن‌های مونوترپتنی پارا–سیمن (۲۴/۶۲ تا ۳۴/۹۳ درصد)، گاما–ترپینن (۱/۳۶ تا ۵/۷۰ درصد)، میرسن (۲/۷۴ تا ۳/۹۱ درصد) و آلفا–پینن (۱/۶۱ تا ۳/۴۶ درصد) قرار داشتند. در بین ترکیبات الکلی مونوترپنی، لینالول (۰/۱۵ تا ۵/۹۸ درصد) و برنئول (۲/۰۸ تا ۵/۸۴ درصد) ترکیبات غالب بودند. ترانس کاریوفیلن (۰/۰۰ تا ۱/۹۴ درصد)، جرماکرن D (۰/۲۱ تا ۱/۵۶ درصد)، گاماکادینن (۰/۰۰ تا ۰/۴۰ درصد) مهم‌ترین ترکیبات سزکویی‌ترپنی[1] اسانس بودند. در بین ترپن‌های اکسیژنه شده، اکسید کاریوفیلن فراوان‌ترین ترکیب (۰/۰۰ تا ۰/۲۹ درصد) بود. این نتایج در توافق با نتایج گزارش شده توسط بارانائوسکین و همکاران (Baranauskiene et al., 2003) بود. این محققین بیان نمودند که مهم‌ترین ترکیبات اسانس آویشن تیمول (۴۴/۴ تا ۵۸/۱ درصد)، پارا–سیمن (۹/۱ تا ۲۸/۵ درصد)، گاما–ترپینن (۶/۹ تا ۱۸/۹ درصد) و کارواکرول (۲/۴ تا ۴/۲ درصد) می‌باشند. اوزکان و چالچار (Ozcan & Chalchar, 2004) دریافتند که اسانس آویشن اساساً متشکل از تیمول (۴۶/۲ درصد)، گاما–ترپینن (۱۴/۱ درصد)، پارا–سیمن (۹/۹ درصد)، لینالول (۴/۰ درصد)، میرسن (۳/۵ درصد)، آلفا–پینن (۳/۰ درصد) و آلفا–توجن (۲/۸ درصد) می‌باشد. تیمار آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ترکیبات اصلی اسانس از جمله تیمول که در کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۷۱/۳۲، ۵۰/۶۸ و ۴۷/۷۱ درصد را به خود اختصاص داده بود، تولید نمود که این اثر با کاهش پارا–سیمن که برای کود نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۲۵/۷۲، ۲۶/۷۸ و ۲۸/۲۹ درصد را به خود اختصاص داده بود، همراه بود. کارواکرول بیشترین درصد (۲/۱۰ درصد) را در گیاهان تحت کشت کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به خود اختصاص داده بود. این تیمار همچنین بیشترین درصد آلفا–هومولن (۲/۷۴ درصد)، جرماکرنD (۱/۵۶ درصد) و توریول (۱/۰۵ درصد) را نیز شامل شد. هیدروکربن‌های مونوترپتنی آلفا–پینن (۳/۴۶ درصد)، میرسن (۳/۹۱ درصد) و گاما–ترپینن (۵/۷۰ درصد) در گیاهان تحت کشت تیمار نیتروکسین و تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و هیدروکربن مونوترپتنی پارا–سیمن در گیاهان تحت کشت تیمار مایکوریزا و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار را شامل شدند. با در نظر گرفتن ارتباط بین ترکیب فنلی تیمول و مشتق هیدروکربنی پارا–سیمن در شرایط تنش خشکی، رابطه معکوسی بین این دو ترکیب مشاهده گشت. در تیمارهای کودی با افزایش تنش خشکی درصد تیمول برای جبران پارا–سیمن افزایش یافت. این بدین معنی است که نرخ تبدیل پاراسیمن به ترکیب فنلی تیمول در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. این یافته، این نتیجه‌گیری را که ترکیبات فنلی در شرایط تنش افزایش می‌یابند، را تأیید می‌نماید. این یافته در توافق با یافته‌های بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) در آویشن، استرادا و همکاران (Estrada et al., 1999) در فلفل (*Capsicum annuum* L.)، عمر (Omer, 1998) در مرزنجوش و عمر و همکاران (Omer et al., 1994) در مرزنجوش شیرین (*Majorana hortensis* L.) بود.

نتایج حاصل نشان داد که محتوای دارویی ترکیبات مطلوب با دستکاری تکنیک‌های زراعی از جمله آبیاری (تنش آبی) و کوددهی امکان‌پذیر می‌باشد. در کودهای زیستی متفاوت مورد استفاده با افزایش تنش خشکی، آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ترکیبات فنلی آویشن (تیمول) به عنوان مهم‌ترین ترکیبات آن را حاصل نمود. عوامل متعددی ممکن است سطوح مواد گیاهی اساسی فعال را در طول جمع‌آوری، فرآوری و نگهداری تحت تأثیر قرار دهند. در واقع تنش‌های زیستی و غیرزیستی اثر قابل ملاحظه‌ای بر سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند (Dixon & Paiva, 1995).

1- Sesquiterpenes

جدول ٤-اثر تنش خشکی و کود زیستی بر ترکیبات اسانس آویشن

Table 4- Effect of drought stress and biofertilizer on essential oil constituents of thyme

ترکیبات اسانس Essential oil constituents	۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity			۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity			۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity			۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity		
	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin
آلفا-پینن α-Pinene	2.62	2.13	2.78	2.96	2.74	3.46	2.23	1.81	2.83	2.06	2.39	1.69
میرسن Myrecen	3.25	2.74	0.59	3.20	3.48	3.91	3.15	2.74	3.28	3.12	2.84	2.94
پارا-سیمن ρ-Cymene	34.93	32.60	24.62	28.29	26.78	25.72	32.65	30.84	27.55	33.36	32.77	31.13
گاما-ترپینن γ-Terpinene	2.88	1.52	2.23	2.47	4.12	5.70	2.73	5.39	4.64	1.36	1.98	2.71
لینالول Linalool	2.81	2.43	2.74	2.78	2.38	0.15	2.60	3.03	2.34	5.98	4.38	2.13
کامفور Comphor	0.41	0.40	0.56	0.43	0.53	2.64	0.40	0.55	0.33	1.09	1.01	0.39
برنئول Boroneol	3.92	4.08	4.35	4.34	4.13	3.59	3.52	4.08	4.01	2.08	5.84	4.0
ترپینئول Terpineol	2.26	1.95	1.89	2.05	1.64	2.54	3.24	1.63	2.47	0.59	0.60	1.81
تیمول Thymol	39.49	43.30	47.87	47.71	50.68	71.32	40.35	44.20	45.94	39.87	42.15	44.24
کارواکرول Carvacrol	1.00	1.04	1.15	0.85	0.21	0.15	0.24	0.18	0.22	2.10	0.23	0.09
بتا بوربونلول β-Bourb onene	0.46	0.39	0.23	0.36	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	-	0.07	0.03
ترانس کاریوفیلن Trans-caryophllene	1.94	0.64	0.57	0.50	-	0.39	0.23	0.32	0.47	0.70	0.60	0.34
آلفا-هومولن α-Hemulene	0.34	1.41	1.29	1.33	-	-	-	-	-	2.74	1.58	1.56
کادینن Cadinene	0.87	0.73	0.27	0.31	1.80	1.12	2.12	0.09	1.97	0.52	0.37	0.46
جرماکرن D Germacrene D	0.42	0.21	0.75	0.65	0.26	0.24	0.32	0.34	0.77	1.56	0.37	0.81
توریول Torreyol	0.10	0.08	0.14	0.07	0.36	0.48	0.78	0.42	0.23	1.05	0.21	0.22
گاماکادینن γ-Cadinene	0.16	0.22	0.06	0.17	0.12	0.11	0.40	0.33	0.31	-	0.08	-
اکسید کاریوفیلن Caryophyllen oxid	0.27	0.29	0.11	0.24	0.13	0.14	0.16	0.11	0.15	-	0.29	0.19
کاروتول Carotol	0.13	0.18	0.10	0.10	0.25	0.16	0.34	0.25	0.27	-	0.31	0.31

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مربوط به عملکرد کمی و کیفی آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 5- Simple correlations of quantitative and qualitative yield-related traits of thyme under drought stress and biofertilizer

صفات Traits	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)
وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	0.84^{**}			
وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	0.86^{**}	0.89^{**}		
درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	0.08^{ns}	0.07^{ns}	0.19^{ns}	
عملکرد اسانس (میلی‌لیتر در بوته) Essential oil yield ($mL.plant^{-1}$)	0.76^{**}	0.93^{**}	0.88^{**}	0.38^{*}

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and non significant respectively.

جدول ٦- رگرسیون گام به گام عملکرد اسانس و اجزای آن در آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 6- Stepwise regression of essential oil yield of thyme under drought stress and biofertilizer

مدل Model	R^2	C (p)	F
Essential oil yield =0.00508+0.00332 Fresh weight	0.87	213.55	307.51^{**}
Essential oil yield =-0.15424+0.00324 Fresh weight +0.48764 Essential oil	0.98	6.50	193.63^{**}

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 0.01 probability level

تنش خشکی بیوسنتز ایزوپنتنیل پیروفسفات، پیش ماده اولیه ترپن‌ها، را در گیاهان القا می‌نماید. (Turtola et al., 2003; Milborrow, 2001). ایزومرهای ایزوپنتنیل دی‌فسفات مسئول ایزومریزاسیون ایزوپنتنیل دی‌فسفات به دی‌متیل آلیل دی‌فسفات برای ساخت واحد ایزوپرن، ترکیب اساسی برای ساخت کلیه ترپن‌ها، می‌باشند. آبرو و مزافرا (Abreu & Mazzafera, 2007) نشان دادند که کمبود آب محتوای ترکیبات اساسی علف چای (*Hypericum brasiliense* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است از طریق تخصیص مجدد کربن جذب شده موجب کاهش تدریجی رشد گیاه و افزایش متابولیت‌های ثانویه گردد. ارتباط فیزیولوژیک این پدیده از لحاظ هزینه رقابت ناشناخته است. اگر چه برای ترکیبات فنلی با ظرفیت آنتی اکسیدانی این پدیده ممکن است با مکانیزم مقابله با اثرات زیان‌آور گونه‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) در ارتباط باشد (Kirakosyan et al., 2004).

همبستگی و رگرسیون

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی، برای افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک طرفه صفات بدون در نظر گرفتن صفات دیگر، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت. نتایج حاصل از همبستگی بین صفات حاکی از آن بود که بیشترین همبستگی بین وزن تر سرشاخه‌های گلدار و عملکرد اسانس (۰/۹۳) وجود داشت (جدول ۵). همبستگی وزن تر سرشاخه‌های گلدار با وزن خشک آن (۰/۸۹) و ارتفاع بوته (۰/۸۴) و همبستگی وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ارتفاع بوته (۰/۸۶) بسیار قوی، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). لذا با افزایش وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و ارتفاع بوته وزن تر آن اضافه می‌گردد. همبستگی عملکرد اسانس با ارتفاع بوته (۰/۷۶)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۸) بسیار قوی، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). همبستگی عملکرد اسانس با درصد اسانس ضعیف و معنی‌دار (۰/۳۸) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از رگرسیون بین صفات مبین این بود که وزن تر بوته به تنهایی حدود ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد اسانس و درصد اسانس فقط ۱۱ درصد از تغییرات آن را توجیه می‌نماید (جدول ۶). بنابراین مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد اسانس در آویشن، وزن تر سرشاخه‌های گلدار آن می‌باشد که خود نیز متأثر از وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و ارتفاع بوته می‌باشد.

1- Reactive oxygen speices

نتیجه‌گیری

افزایش محتوای ترکیبات دارویی مطلوب آویشن با دست‌ورزی تکنیک‌های زراعی امکان‌پذیر می‌باشد. افزایش تنش خشکی تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی موجب افزایش ترکیبات فنلی مهم مثل تیمول گردید که در کود زیستی نیتروکسین ۷۱/۳۲ به دست آمد. نرخ تبدیل ترکیب هیدروکربنی پارا-سیمن به ترکیب فنلی تیمول در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید و موجب بهبود رشد، عملکرد، درصد اسانس و ترکیب فنلی تیمول آویشن شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca 35: 86-90.

Abdul- Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomas yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.

Abreu, I.N., and Mazzafera, P. 2007. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiolology and Biochemistry 43: 241-248.

Adams, R.P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography and Mass Spectrometry. Allured, USA.

Alkire, B.H., Simon, J.E., Palevitch, D., and Putievsky, E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soel. Indiana, USA. Acta Horticulture 344: 544-556.

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., and Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 653-657.

Baranauskiene, R., Venskutonis, P.R., Viskekis, P., and Dambrauskiene, E. 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agriculture and Food Chemistry 51(26): 7751-7758.

Barnes, J., Andreson, L.A., and Phillipson, J.D. 2002. Herbal Medicinses. A Guide for Healthcare Profe, Second Edition, London: Pharmaceutical Press.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil- Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand p. 11.

Coronic, G., Hashghaie, J.G., Genty, B., and Briantais, J.M. 1992. Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. Photosynthetica 27: 295-300.

Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen, J.P.H., and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. Journal of Natural Production 65: 892-896.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sephidkan, F., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and biological phosphate fertilizer on the quality and quantity of essential oil of fennel. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 396-413. (In Persian with English Summary)

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press, Edinburgh 7: 320-354.

Demir, S. 2004. Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Dixon, R.A., and Paiva, N. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. Plant, Cell and Environment 7: 1085-1097.

Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural Research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.

Estrada, B., Pomar, F., Do, A., Az, J., Merino, F., and Bernal, M.A. 1999. Pungency level in fruits of the Padron pepper with different water supply. Scientia Horticulturae 81: 385-396.

Farooqi, A.H.A., Fatima, S., Ansari, S.R., and Sharma, S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (plamerosa) cultivars. Journal of Essential Oil Research 11: 491-496.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio- fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). Journal of Agriculture and Biological Science 10: 381-387.

Gigord, L., Lavigne, C., Shykoff, J.A., and Atlan, A. 1999. Evidence for effects of restorer genes on male and female reproductive functions of hermaphrodites in the gyndioecious species *T. vulgaris* L. Journal of Evolutionary Biology 12(3): 596-604.

Glick, B.R., Penrose, D.M., and Li, J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. Journal of Theoritical Biology 190: 3-68.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press.

Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce highamounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum 111: 206-211.

Habibi, D.M., Boojar, M.A., Mahmodi, A., Ardakani, M.R., and Taleghani, D. 2004. Antioxidative enzayme in sunflower subjected to drought stress. 4th international Crop science Congress, Brishbane, Australia, 26 Septamber 1-Octobr p. 1-4.

Han, H.S., and Supanjani, K.D.L. 2006. Effect of co-inococulation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52: 130-36.

Haupt-Herting, S., and Fock, H.P. 2000. Exchange of oxygen and its role in energy dissipation during drought stress in tomato plants. Physiology Plantarum 110: 489-495.

Janssen, A.M., Scheffer, J.J.C., and Baerheim Svendsen, A. 1987. Antimicrobial activity of essential oils. A 1976-1986, literature review. Planta Medica 53(5): 395-397.

Jellin, J.M., Batz, F., and Hitchens, K. 2000. Natural Medicines Comperhensive database. California: Therapeutic Research Faculty.

Joshee, N., Mentreddy, S.R., and Yadav, K. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. Industrial Crops and Products 25: 169-177.

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kalamian, S., Modares Sanavi, S.A.M., and Sepehri, A. 2006. Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stages in leafy and commercial hybrids of maize. Agricultural Research 5(3): 38-53.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. Jornal of Science Food and Agriculture 82(4): 339-342.

Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62(1): 143-145.

Khorramdel, S., Koocheki, S., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application of biological fertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 2: 294-285. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., and Bolling, S. 2004. Applied environmental

stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. Physiology Plantarum 121: 182-186.

Kusaka, M., Lalusin, A.G., and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science 168: 1-14.

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Appllied Research 2: 773-779.

Letchamo, W., and Gasselin, A. 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus valgaris* are influenced by light intensity and water supply. Journal of Horticultural Science 71(1): 123-134.

Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J., and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. Angewandte Botanik 68: 83-88.

Leung, A.Y., and Foster, S. 1996. Encyclopedia of Common Natural Ingredients: Used in Food, Drugs and Cosmetics. A Wiley Interscience Publication- John Wiley and Sons, Inc.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Migahed, H.A., Ahmed, A.E., and Abd El-Ghany, B.F. 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolense* under Calcareous soil. Journal of Agricultural Sciences 12: 511-525.

Milborrow, B.V. 2001. Thepathway of biosynthesis of abscisic acid in *Vascular olants*: A review of the present state of knowledge of ABA biosynthesis. Journal of Experimental Botany 52: 1145-1164.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidatnt and stress tolerance. Annal Review of Plant Science 7: 405-415.

Mohanty, N. 2003. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of *Triticum aestivum* L. exposed to warmer growth conditions. Journal of Plant Physiology 160: 71-74.

Muni Ram, D., and Singh, S. 1995. Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot min on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. Agricultural Water Management 27: 45-54.

Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. *In vitro* studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394-403.

Nickavar, B., Mojab, F., and Dolat Abadi, R. 2005. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. Food Chemistry 90(4): 609-611.

Nogues, S., and Baker, N.R. 2000. Effect of drought on photosynthesis in Medetrarnean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Exprimental Botany 51: 1309-1317.

Omer, E.A. 1998. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in sandy soil. Egyptian Journal of Horticulture 25(3): 295-307.

Omer, E.A., Ouda, H.E., and Ahmad, S.S. 1994. Cultivation of sweet marjoram, *Majorana hortenses* in newly reclaimed lands of Egyptian Journal Herbs Spices Medicinal Plants 2(2): 9-16.

Omidbaygi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil *(Ocimum basilicum)* at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants 6: 104-108.

Omidbaygi, R., and Nobakht, A. 2001. Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. Pakistan Journal of Biological Science 4: 1345-1349.

Ozcan, M., and Chalchat, J.C. 2004. Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. Bule Journal of Plant Physiology 30(3-4): 68-73.

Pal, K.K., Tilak, V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., and Singh, C.S. 2001. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminaerum* caused by plant growth promoting *rhizobacteria*. Microbiological Research 156: 209-223.

Rademacher, W. 1994. Gibberellin formation in microorganisms. Plant Growth Regulation 15: 303-314.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. Motia by *rhizobecteria*, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Refaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.

Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M., and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of

sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3: 384-396. (In Persian with English Summary)

Rustaiyan, A., Masoudi, S., Monfared, A., Kamalinejad, M., Lajevardi, T., Sedaghat, S., and Yari, M. 2000. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran. Planta Medica 66: 197-198.

Sailo, G.L., and Bagyaraj, D.J. 2005. Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of *Coleus forskohlii*. Mycological Research 109: 795-798.

Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 184: 55-61.

Sangwan, N.S., Farooqi, A.H.A., Shabih, F., and Sangwan, R.S. 2001. Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation 34: 3-21.

Shabahang, J., Khorramdel, S., Siahmargue, A., Gheshm, R., and Jafari, L. 2014. Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology 6(2): 353-363. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India.

Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J., and Chrles, D.J. 1992. Water stress induced alternations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.

Solinas, V., and Deiana, S. 1996. Effect of water and nutritional conditions on the *Rosmarinus officinalis* L. phenolic fraction and essential oil yields. Italian Eppos 19: 189-198.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., Kuikkarni, R., and et al. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 22: 356-358.

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidant in the leaves of drought– sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyetylen glycol mediated water stress. Plant Science 168: 223-231.

Turtola, S., Manninen, A.M., Rikalaand, R., and Kainulainen, P. 2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in Scots pine and Norway spruce seedlings. Journal Chemistry Ecology 29: 1981-1955.

Vinutha, T. 2005. Biochemical Studies on *Ocimum* sp. Inoculated with Microbial Inoculants. MSc (Agriculture) thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Wang, W., Vinocur, B., and Altman, M.A. 2003. Plant responses to drought towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218: 1-14.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Xia, L., Yang, W., and Xiufengl, Y. 2007. Effects of water stress on berberine, jatrorrhizine and palmatine contents in amur corktree seedlings. Acta Ecologica Sinica 27(1): 58-64.

Young, C.C., Lai, W.A., Shen, F.T., Huang, W.S., and Arun, A.B. 2004. Characterization of multifunctional biofertilizer from Taiwan and biosafety considerations. International Symposium on Future Development of Agricultural Biotechnology Park p. 373-388.

Youssef, A.A., Edri, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299-311.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 254-266

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۶-۲۵۴

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.)

محبوبه سردار[۱]، محمدعلی بهدانی[۲*]، سید وحید اسلامی[۲] و سهراب محمودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۱٤

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر استفاده توأم روش‌های متفاوت خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز بر تنوع گونه‌ای و تراکم علف‌های‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان بشرویه در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ بـه اجـرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل روش خاک‌ورزی پنبـه بـه عنـوان فـاکتور اصـلی در سـه سـطح شـامل: خـاک‌ورزی مرسـوم (گـاوآهن برگـردان‌دار)، بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی (چیزل+ دیسک) و روش‌های کنترل علف‌های‌هرز در پنج سطح (علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم (با نام تجـارتی انووک با فرمولاسیون گرانول پخش‌شونده در آب ۷۵ درصد به مقدار ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار+ مویان) به میزان ده، ۱۵ و ۲۰ گرم در هکتـار بـه همراه سیتوگیت دو در هزار، به همراه تیمارهای وجین و عدم کنترل علف‌های‌هرز) به عنوان فاکتور فرعی در چهار تکرار انجام شد. صفات تراکم و تنـوع گونه‌های علف‌های‌هرز در سه زمان قبل از سمپاشی، ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی و عملکرد پنبه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر به سزایی در تراکم و ترکیب علف‌های‌هرز پنبه دارد. روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسـوم، بـه ترتیـب باعث افزایش ۱۴/۴۷ و ۲۲/۷۲ درصدی تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ شدند؛ در حالی‌که تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ ۴۸/۲۱ و ۶۵/۴۷ درصد کـاهش یافت. در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر علف‌های‌هرز چندساله به خصوص پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L.) غالب بود، امـا در روش خـاک‌ورزی مرسوم بیشتر علف‌های‌هرز یک‌ساله از قبیل ارزن وحشی (*Setaria* spp.)، سوروف (*Echinochloa crus gali* L.)، تاج خروس (*Amaranthus* sp.) و سلمک (*Chenopodium album* L.) غالبیت داشت. در روش کم‌خاک‌ورزی هم علف‌های‌هرز چندساله وجود داشت و هم علف‌های‌هرز یک-ساله. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز (باریک‌برگ و پهن‌برگ) در مزرعه پنبه، تحـت تـأثیر دز ۲۰ گـرم انـوک در هکتـار بـه همـراه سـیتوگیت در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد و خاک‌ورزی حفاظتی در رتبه بعدی قـرار گرفـت. بیشـترین عملکـرد پنبـه در تیمـار کـم‌خـاک‌ورزی بـه همـراه وجـین علف‌های‌هرز مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: انوک (تری فلوکسی سولفورون سدیم)، پراکنش علف‌هرز، خاک‌ورزی حفاظتی، گیاه لیفی

مقدمه

پنبـه (*Gossypium hirsutum* L.) بیشـترین رشـد خـود را در شرایط بدون تداخل علف‌هرز دارد و در ایـن شـرایط دارای عملکـرد و کیفیت قابل قبولی می‌باشـد (Wilcut, 1995). بـر اسـاس اطلاعـات موجود، حدود ۱۸۰ هزار تن وش و ۵۵-۶۰ هزار تن الیاف در ایران در سال ۱۳۹۳ از پنبه استخراج شده است. شـولر و گرنبـرگ (Showler & Greenberg, 2003) گزارش کردند که علف‌های‌هـرز موجـود در پنبه می‌توانند میزبان آفات باشند به طوری‌که علف‌های‌هرز در ابتـدای فصل رشد پنبه میزبان شته (*Aphis gossypi* G.) و در اواخـر فصـل رشـد میزبـان عسـلک پنبـه (*Bemisia tabaci* G.) مـی‌باشـند (Showler & Greenberg, 2003). از میان ده علف‌هرز مهم مزارع پنبه تقریبا دو سوم آن‌ها گونه‌های علف‌هرز پهـن‌بـرگ و یـک سـوم آن‌ها علف‌های چمنی یا جگـن‌هـا مـی‌باشـند (Leon et al., 2003). عملیات خاک‌ورزی بخشی از عملیات زراعی است که به منظور آماده-سازی خاک برای زراعت انجام می‌شـود. حـدود ۶۰ درصـد از انـرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی ماشینی، صـرف عملیـات خـاک-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناس ارشد زراعت و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

ورزی بستر می شود (Jacobs et al., 1983). خاک‌ورزی رایج سبب قطع و از بین رفتن اندام‌های زایا می‌شود و بسته به شخم ثانویه مورد استفاده برای تهیه بستر بذر ممکن است بخشی از اندام‌های زایا را به سطح خاک آورد تا در معرض خشکیدگی و درجه حرارت‌های پایین قرار گیرند (Rashed mohasel & Mosavii, 2005).

تغییر تراکم و ترکیب علف‌های‌هرز در سیستم‌های شخم حفاظتی به عوامل مختلفی از قبیل منطقه، نوع گیاه زراعی، خاک و مقدار بقایای گیاهی بستگی دارد. تحت خاک‌ورزی کاهش‌یافته، جمعیت گونه‌های علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ یک‌ساله یا جوانه‌زنی سطحی و زود هنگام در همان فصل زراعی افزایش می‌یابد، اما موجب افزایش جمعیت علف‌های‌هرز چندساله در سال‌های بعد می‌شود. این موضوع تا حدودی به دلیل تجمع بذور علف‌های‌هرز در سطح خاک یا لایه رویی آن است. شخم سبب توزیع کم و بیش یکنواخت بذور در نیم رخ خاک می‌شود. نظام شخم کاهش‌یافته موجب مزیت بخشی به چنین گونه‌هایی با جوانه سطحی در مقایسه با گونه‌های با جوانه‌زنی از اعماق بیشتر نظیر یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، گونه‌های نیلوفر پیچ (*Ipomoea tricolor* Cav.) و بسیاری دیگری از گونه‌ها می‌شود. معمولاً گونه‌هایی با جوانه‌زنی زود هنگام از نظام بدون شخم بهره‌گیری مناسبی می‌نمایند، زیرا برخی از آن‌ها پیش از کاشت گیاه زراعی جوانه می‌زنند و به این ترتیب در مقایسه با گونه‌های با جوانه‌زنی دیر هنگام مزیت رقابتی کسب می‌کنند. جهانی کندری و همکاران (Jahani Kondori et al., 2012) با بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز گزارش نمودند که بین محتوی کربن، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و اسیدیته خاک و شاخص شانون علف‌های‌هرز همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید؛ به طوری- که با افزایش میزان کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کاهش اسیدیته شاخص شانون افزایش یافت و همبستگی مثبت معنی‌داری بین میزان کربن و نیتروژن خاک با غنای گونه‌ای علف‌های هرز به دست آمد.

استفاده از مواد شیمیایی از ابزارهای مهم در کنترل علف‌های‌هرز در کشورهای پیشرفته محسوب می‌شود. علف‌کش‌ها پایه اصلی در مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز به حساب می‌آیند (Vencill et al., 1994). باید در نظر داشت که یک علف‌کش درصد معینی از علف‌های‌هرز را از بین می‌برد و بر اساس آزمایشات متعدد در ایران در بهترین شرایط بین ۸۰ تا ۹۰ درصد علف‌های‌هرز پنبه را می‌توان با علف‌کش از بین برد، لذا هر چه تراکم علف‌های‌هرز در یک مزرعه بیشتر باشد، تعداد بیشتری از آن زنده خواهند ماند. لذا باید همیشه مدنظر داشت که علف‌کش‌ها در زمین‌هایی مؤثرند که تراکم علف‌های‌هرز، با استفاده از سایر روش‌ها به حداقل کاهش یافته باشد (Musavii, 2009). تری فلوکسی سولفورون سدیم به عنوان علف‌کش با مقدار مصرف پایین و ابزاری کارآمد در مدیریت کاهش سموم معرفی شده است (Burke et al., 2004). مصرف این علف‌کش، بین مرحله دو تا هشت برگی پنبه توصیه شده اما در مرحله پنج تا هشت برگی بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌های‌هرز داشته است (Porterfield et al., 2002; Richardson et al., 2004; Richardson et al., 2007). اِنوُک در دزهای مختلفی قابل توصیه است. در ایران میزان قابل توصیه این علف‌کش ۱۵ تا ۲۰ گرم تری فلوکسی سولفورون سدیم ۷۵٪ WG به همراه سیتوگیت دو در هزار در یک هکتار در مرحله پنج تا هشت برگی پنبه می‌باشد.

بدین‌ترتیب، با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد مزایا و معایب خاک‌ورزی حفاظتی (کم و بی‌خاک‌ورزی) در منطقه بشرویه که پنبه جزو محصولات استراتژیک آن است، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز بر ظهور گونه‌های مختلف علف‌هرز، تراکم و پراکنش آن‌ها در شرایط آب و هوایی بشرویه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در شهرستان بشرویه واقع در خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. شهرستان بشرویه با عرض جغرافیایی ´۵۴°۳۳, شمالی و طول جغرافیایی ´۲۷°, ۵۷ شرقی و ارتفاع ۸۸۵ متر از سطح دریا قرار گرفته است. فاکتور اصلی، روش خاک‌ورزی در سه سطح شامل: خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار)، سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی (چیزل+ دیسک) و فاکتور فرعی، روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز در پنج سطح شامل: استفاده از علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم (با نام تجاری اِنوُک با فرمولاسیون گرانول پخش‌شونده در آب ۷۵ درصد به مقدار ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار+ مویان (دو در هزار سیتوگیت) به میزان ده، ۱۵ و ۲۰ گرم در هکتار، به همراه تیمارهای وجین و عدم کنترل علف‌های‌هرز بود. در زمین محل اجرای طرح در سال قبل

گندم (*Triticum aestivum* L.) کشت شده بود. میزان کود مورد نیاز بر اساس ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار و با توجه به مساحت زمین زیر کاشت، ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم بود. کود نیتروژن به صورت سرک در چهار مرحله (زمان کاشت، مراحل چهار تا شش برگی، شروع غنچه‌دهی و شروع گلدهی) و کود فسفاته همزمان با کاشت مصرف شد. عملیات آماده‌سازی زمین در روش خاک‌ورزی مرسوم پنبه، شامل: شخم با گاوآهن برگردان‌دار (در اواخر فروردین ماه)، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی بود و تمام بقایای محصول قبل با خاک مخلوط شد. در سیستم بی‌خاک‌ورزی، پس از برداشت گندم با کمباین، تمام بقایای گیاهی روی زمین رها شده بود و با استفاده از دستگاه کشت مخصوص بی‌خاک‌ورزی (بذر کار کودکار بدون خاک‌ورزی) فرآیند کاشت بذرها بلافاصله پس از برداشت گندم انجام گرفت. در سیستم کم‌خاک‌ورزی نیز با استفاده از گاوآهن‌های چیزل زمین شخم زده شد به طوری‌که ۳۰٪ از بقایای گندم سال قبل روی سطح خاک باقی مانده و بقیه با خاک مخلوط، سپس فرآیند کاشت با دستگاه ردیف کار انجام شد. طول کرت اصلی کاشت پنج متر و عرض آن ۲۴/۵ متر بود و کرت‌های فرعی با طول پنج متر و عرض ۴/۹ متر به صورت تصادفی در داخل کرت اصلی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی فرعی شامل ۱۴ ردیف کاشت و با فاصله ۳۵ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله بین کرت‌ها نیز یک ردیف کاشت در نظر گرفته شد. در تمام کشت‌های پنبه در این شهرستان، به دلیل دماهای بسیار بالای روزانه در طی فصل رشدی پنبه و با هدف کاهش تبخیر آب از خاک، فواصل بین ردیف‌ها در کشت پنبه ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. برای هر بلوک یک جوی آب و فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد. برای کاشت پنبه از رقم ورامین و به میزان ۳۰ کیلوگرم از بذر دلینته در هر هکتار استفاده شد. در هر سه سیستم خاک‌ورزی، بلافاصله بعد از کشت، آبیاری اولیه صورت پذیرفت و در ابتدای فصل رشدی بر اساس عرف این منطقه، آبیاری با فواصل هر هشت روز یک‌بار، با شروع مرحله گلدهی با فواصل هر چهار روز و از ابتدای مرحله غوزه‌دهی تا پایان برداشت با همان فواصل هر هشت روز یک‌بار انجام گرفت. در مرحله دو تا چهار برگی عملیات تنک صورت گرفت. با توجه به تراکم و سرعت رشد بالای علف‌های‌هرز مزرعه در مقایسه با بوته‌های پنبه، با رسیدن پنبه‌ها به مرحله پنج و شش برگی، سمپاشی کرت‌های آزمایشی با غلظت‌های مشخص شده علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم انجام پذیرفت. در طول فصل رشد مبارزه علیه آفات شته (*Aphis gossypi*)، تریپس (*Thrips flavus*)، عسلک (*Bemisia tabaci*) و سنک پنبه (*Oxycarenus hylipennis*) با آفت‌کش‌های مناسب (متاسیستوکس و لاروین) انجام شد. با توجه به تراکم و سرعت رشد بالای علف‌های‌هرز مزرعه در مقایسه با بوته‌های پنبه، با رسیدن پنبه‌ها به مرحله پنج و شش برگی، سمپاشی کرت‌های آزمایشی با غلظت‌های مشخص شده علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم توسط سمپاش کتابی پشتی تلمبه از بغل و نازل تی-جت با فشار دو بار و حجم پاشش ۴۰۰ لیتر آب در هکتار انجام گرفت. شناسایی علف‌های‌هرز غالب در هر کرت و محاسبه تراکم آن‌ها در سه زمان ذکر شده و در سه نوبت با استفاده از نمونه‌گیری حاصل از دو کادر ثابت ۵۰×۵۰ سانتی‌متری در بین دو پشته در هر کرت در قبل از سمپاشی (مرحله چهار و پنج برگی پنبه) و ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی انجام گرفت. عملکرد وش در هکتار نیز با نمونه‌گیری سطحی به مساحت ۲/۵ مترمربع (۲۰ بوته) از محصول و دو خط وسط با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه، در زمان برداشت محصول صورت گرفت. تجزیه آماری با استفاده از برنامه SAS 9.1 ویرایش هشت و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

علف‌های‌هرز موجود در مزرعه ترکیبی از علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ، شامل سلمک[1]، خارشتر[2]، تلخه بیان[3]، تاج خروس[4]، سوروف[5]، ارزن وحشی[6] و پنجه مرغی[7] بودند (جدول ۱).

درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، تراکم اولیه علف‌های‌هرز باریک‌برگ (سوروف، ارزن وحشی و پنجه مرغی) در شرایط بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود.

1- *Chenopodium album* L.
2- *Alhagi alhagi* Fisch.
3- *Acroptilon repens* D.C.
4- *Amaranthus* sp.
5- *Echinochloa crus gali* L.
6- *Setaria* spp.
7- *Cynodon dactylon* L. Pcrs.

جدول ۱- خصوصیات علف‌های‌هرز موجود در مزرعه

Table 1- Characteristics of weed species existing in the field

نام علف هرز Weed name	خانواده Family	سیکل رویشی Vegetative cycle	فرم رویشی Vegetative form
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	Poaceae	چندساله Perennial	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
ارزن وحشی *Setaria* spp.	Poaceae	یک‌ساله Annual	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	Poaceae	یک‌ساله Annual	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
سلمک *Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae	یک‌ساله Annual	پهن‌برگ Broad-leaf weed
تلخه بیان *Acroptilon repens* D.C.	Compositae	چندساله Perennial	پهن‌برگ Broad-leaf weed
خارشتر *Alhagi alhagi* Fisch.	Leguminosae	چندساله Perennial	پهن‌برگ Broad-leaf weed
تاج خروس *Amaranthus* sp.	Amaranthaceae	یک‌ساله Annual	پهن‌برگ Broad-leaf weed

درصد تغییرات تراکم اولیه علف‌های‌هرز باریک‌برگ در کم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم ۱۴/۴۷ درصد افزایش و در شرایط بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم ۲۲/۷۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم-خاک‌ورزی، بذور علف‌های‌هرز در زیر کاه و کلش قرار می‌گیرند، شرایط برای جوانه‌زنی و رشد این علف‌های‌هرز فراهم می‌شود. تکثیر گیاهان یک‌ساله ارزن وحشی و سوروف از طریق بذر صورت می‌گیرد و دارای بذور درشت‌تری نیز هستند، و برای جوانه‌زنی نیاز به نور ندارند به همین دلیل تراکم آن‌ها در خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. علاوه بر آن برگ‌های گیاهان باریک‌برگ بر خلاف پهن‌برگ‌ها به راحتی از میان کاه و کلش بر جای مانده بر روی زمین در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی خارج می‌شوند. جمعیت علف‌های‌هرز یک‌ساله تک‌لپه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم افزایش داشت و دلیل آن احتمالاً مربوط به عدم نیاز بذور این علف‌های‌هرز به نور برای جوانه‌زنی می‌باشد. پنجه مرغی علاوه بر این‌که گیاهی باریک‌برگ بوده و همان‌طور که در بالا گفته شد، سبز شدن آن از بین کاه و کلش در سیستم‌های حفاظتی در مقایسه با پهن‌برگ‌ها با مشکل کمتری رو به رو است (Vencill et al., 1994)، علف‌هرزی چندساله است که معمولاً در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی فرصت بیشتری برای گسترش سیستم ریزوم و اندام‌های زیرزمینی پیدا کرده و گسترش بیشتری می‌یابد. لذا به دلایل فوق‌الذکر افزایش تراکم آن در سیستم‌های حفاظتی طبیعی به نظر می‌رسد. افزایش رطوبت خاک، شرایط را برای جوانه‌زنی بذور برخی از علف‌های‌هرز فراهم می‌کند، گونه‌هایی از علف‌هرز متحمل به نور کم و رطوبت شدید در این شرایط به خوبی رشد می‌کنند. سوروف از جمله علف‌های‌هرز یک‌ساله چهارکربنه رطوبت دوست می‌باشد به همین دلیل در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) با توجه به حفظ رطوبت زمین توسط بقایای گیاهی محصول قبل، امکان رشد این علف‌هرز بیشتر است. نیز گزارش کردند که تراکم گراس‌های یک‌ساله رطوبت دوست در روش بدون خاک‌ورزی بیش از شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (خاک‌ورزی مرسوم) بود.

مقایسه میانگین روش‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که درصد کاهش تراکم باریک برگ‌ها ۱۵ روز پس از سمپاشی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۲۹/۳۱، ۹/۰۵۵ و ۷/۵۷ درصد و در ۳۰ روز پس از سمپاشی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۳۰/۶۳، ۱۹/۰۵۵ و ۱۹/۶ درصد بود (شکل ۱).

جدول۲- تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ (بوته در مترمربع) به تفکیک گونه در زمان‌های مختلف

Table 2- Narrow-leaf weed density (plants.m^{-2}) at different times separated by species

نام علف‌هرز Weed name	بی‌خاک‌ورزی No tillage			کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage			خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage		
	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	2.4^{a}	3.1^{a}	2.26^{a}	2.0^{a}	0.2^{a}	1.7^{b}	1.4^{b}	1.75^{a}	1.95^{a}
ارزن وحشی *Setaria* spp.	6.05^{a}	5.7 ^{a}	4.86^{a}	5^{a}	4.9^{a}	3.92^{a}	4.5^{a}	2.35^{a}	2.32^{a}
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	6.95^{a}	5.4^{a}	4.9^{a}	6.75^{a}	5.85^{a}	4.95^{a}	6.0^{a}	4.07^{a}	3.77^{a}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

این نتایج نشان می‌دهد کارآیی علف‌کش انوک در خاک‌ورزی مرسوم بیش از روش‌های حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) بوده است. دلیل این امر احتمالاً به علت جذب بخشی از علف‌کش توسط کاه و کلش در سیستم‌های حفاظتی و جلوگیری از تماس بخشی از علف‌های‌هرز با علف‌کش در این سیستم‌ها می‌باشد. نتایج تحقیقات (Madandoos et al., 2009) نشان داد اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مجموع تعداد علف‌های‌هرز معنی‌دار بود و بیشترین تعداد علف‌هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری (اولیه و ۳۰ روز پس از سمپاشی) متعلق به تیمار بدون خاک‌ورزی بود و تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در گروه‌های بعدی آماری قرار گرفتند. عموماً در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی که بقایای فصل قبل بر روی زمین باقی می‌مانند، بخش زیادی از علف‌کش مصرفی جذب بقایا گشته و علف‌های‌هرزی که در لابه‌لای بقایا سبز شده‌اند گاهاً از در معرض علف‌کش قرار گرفتن مصون می‌مانند (Chauhan & Abugho, 2012). در مقابل، از آن‌جایی که در روش خاک‌ورزی مرسوم، سطح خاک عاری از بقایای گیاهان فصل گذشته است، علف‌های‌هرز قابلیت فرار از علف‌کش را نداشته و بیشتر در معرض تماس مستقیم با علف‌کش قرار می‌گیرند، این امر موجب جذب بیشتر علف‌کش در علف‌های هرز در مقایسه با سیستم‌های کشاورزی حفاظتی می‌شود که به نوبه خود موجب کاهش بیشتر تراکم علف‌های‌هرز در خاک‌ورزی مرسوم می‌گردد. اما با این وجود، حضور بقایای گیاهی در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی شرایط مناسب‌تری از نظر حاصلخیزی، رطوبت و میزان مواد آلی خاک برای پنبه فراهم می‌آورند که می‌تواند موجب افزایش عملکرد وش نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شود. در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) پسماندهای گیاهان زراعی و پوشش حاصل از کاشت گیاه قبلی بر روی سطح خاک وجود دارند که می‌توانند اثرات معنی‌داری بر رفتار و فعالیت علف‌کش‌ها داشته باشند (Tesdale et al., 2003). مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف علف‌کش، اختلاف معنی‌دار بین سطوح این فاکتور را بر تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ تأیید کرد (جدول۲). بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز مرغ و ارزن وحشی بعد از ۳۰ روز از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه در تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار به ترتیب ۵۴/۸۰ و ۷۴/۶۹ درصد مشاهده شد. بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز باریک‌برگ سوروف نیز تحت تأثیر غلظت ۲۰ گرم انوک در هکتار (۶۲/۲۸ درصد) و کمترین آن تحت تأثیر غلظت ده گرم انوک در هکتار (۷/۹۲ درصد) به دست آمد (جدول ۳). علف‌کش انوک به همراه سیتوگیت، روی علف‌هرز ارزن وحشی بیشترین تأثیر را داشت و باعث کنترل بهتر این گونه از علف‌های‌هرز باریک‌برگ شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ (بوته در مترمربع) به تفکیک گونه در روش‌های مختلف کنترل

Table 3- Mean comparisons of narrow-leaf weed density (plants.m^{-2}) at different types of control methods separated by species

نام علف‌هرز Weed name		عدم کنترل No control	وجین Weeding	۲۰ گرم انوک در هکتار 20 g.ha^{-1} Envoke	۱۵ گرم انوک در هکتار 15 g.ha^{-1} Envoke	۱۰ گرم انوک درهکتار 10 g.ha^{-1} Envoke
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	اولیه Primary	2.06^{ab}	1.19^{b}	1.04^{a}	2.05^{a}	1.01^{b}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.01^{a}	0.01^{b}	0.66^{ab}	1.38^{a}	1.0^{a}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	2.95^{a}	0.0^{b}	0.47^{a}	1.01^{a}	0.61^{a}
ارزن وحشی *Setaria* spp.	اولیه Primary	4.35^{a}	1.85^{b}	4.15^{a}	3.0^{a}	2.13^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	5.02^{a}	0.06^{b}	2.1^{a}	2.36^{a}	2.11^{a}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	6.32^{a}	0.04^{c}	1.05^{b}	1.94^{a}	1.0^{b}
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	اولیه Primary	5.78^{a}	1.86^{c}	5.32^{a}	4.69^{bc}	5.05^{bc}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	6.06^{a}	0.01^{c}	3.0^{b}	3.63^{b}	5.0^{b}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	6.67^{a}	0.0^{d}	2.01^{c}	2.46^{bc}	4.65^{b}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

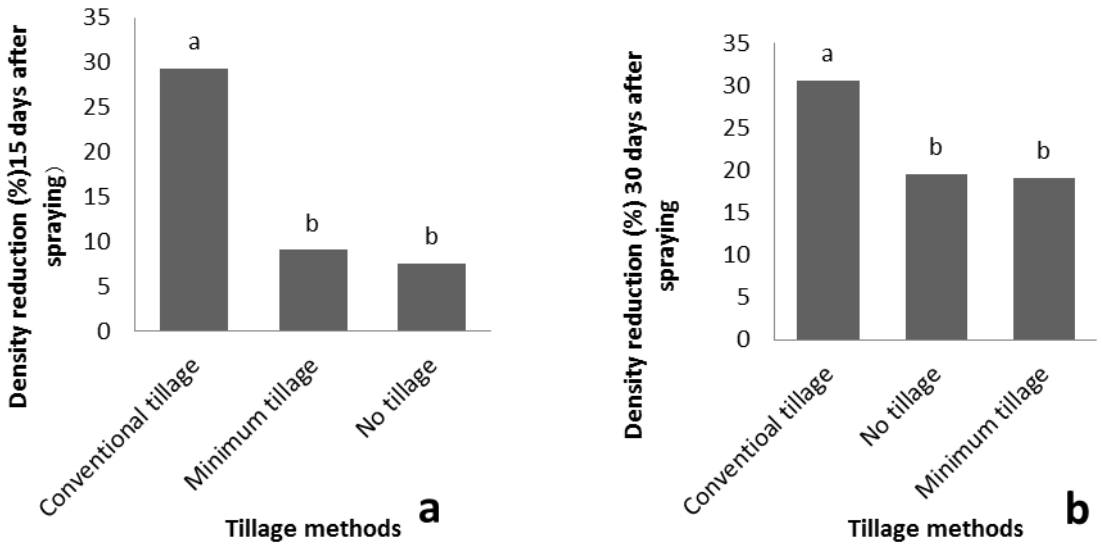
مطابق شکل ۲، تیمار وجین در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی، بیشترین تأثیر را در کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ به ترتیب ۹۳/۱ و ۹۱/۶ درصد نشان داد (جدول ۲ و شکل ۲).

نتایج سایر محققین نیز بیانگر توانایی علف‌کش انوک برای کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ مخصوصاً اویارسلام (*Cyperus escuentus* L.) و برخی از پهن‌برگ‌ها می‌باشد. در شاهد بدون کنترل علف‌هرز، علف‌های‌هرز بر بوته‌های پنبه غالبیت پیدا کردند و در نتیجه در این تیمارها تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ بالا بوده و به تبع آن موجب کاهش عملکرد پنبه شدند و در تیمارهای دارای علف‌کش انوک (دز ۱۵ و ۲۰ گرم انوک در هکتار) تراکم و درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ بعد از سم پاشی نسبت به قبل از آن کم‌تر بود، چون این علف‌کش خاصیت سیستمیک داشته و علاوه بر آن ماده افزودنی سیتوگیت تأثیر آن را افزایش داد (جدول ۲ و شکل ۲).

درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ

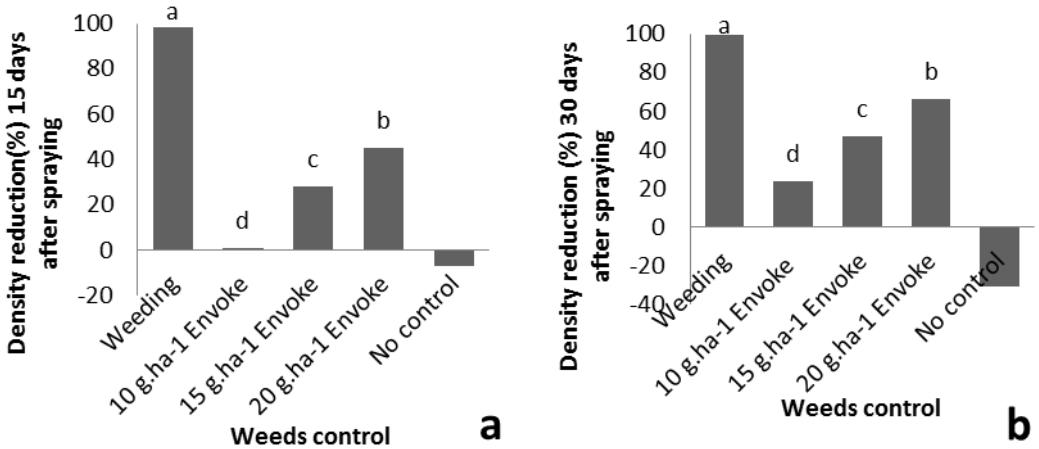
همان‌طور که در جدول۴ ملاحظه می‌شود تراکم اولیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ گونه‌های سلمک، تلخه بیان (*Acroptilon repens* L.)، تاج خروس و خارشتر در روش بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. درصد تغییرات تراکم اولیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ در بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم،

۶۵/۴۷ درصد کاهش و در شرایط کم‌خاک‌ورزی ۴۷/۲۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).



شکل۱- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 1- Effect of different tillage methods on narrow-leaf weed density at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)



شکل ۲- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی(ب)

Fig. 2- The effect of different methods of weed control on narrow-leaf weed density reduction at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

عمق دفن بذور و مقدار بقایای گیاهی موجود در سطح خاک از جمله عوامل مؤثر در تسریع خروج جوانه‌ها از خاک، مخصوصاً در علف‌های‌هرز پهن‌برگ می‌باشد. با توجه به این‌که این گونه از علف‌های‌هرز (برگ‌پهن‌ها) دارای بذور ریزی بوده و برای جوانه‌زنی نیازمند نور هستند، در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی حضور کاه و کلش حاصل بقایای محصول قبلی مانع از رسیدن نور به این بذور می‌شوند و جوانه‌زنی آن‌ها کاهش می‌یابد. از آن‌جا که در روش کم-خاک‌ورزی حدود ۳۰ درصد از بقایای گیاهی در سطح خاک باقی می‌مانند و نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی، ۷۰ درصد از کاه و کلش با خاک مخلوط شدند، بنابراین، بذور علف‌های‌هرز بیشتر در معرض نور قرار می‌گیرند و جوانه‌زنی آن‌ها نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی نیز بیشتر است (Swanton et al., 2000). نیز گزارش کردند که تراکم

بذور علف‌هرز تاج خروس و سلمک در بانک بذر خاک در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی مرسوم بیشتراز خاک‌ورزی حفاظتی تخمین زده شد. (Williams Froud et al., 1988) علت کاهش جمعیت علف‌های‌هرز پهن‌برگ دولپه را در سامانه بی‌خاک‌ورزی و کم-خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، عدم انجام شخم کامل و حضور کاه و کلش گزارش کردند. علف‌های‌هرز پهن‌برگ با توجه به شکل برگ‌شان در خروج از زیر کاه و کلش با مشکلات بیشتری نسبت به باریک‌برگ‌ها مواجه بوده و لذا در سیستم‌های حفاظتی تراکم کمتری خواهند داشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ (مترمربع) به تفکیک گونه‌ها

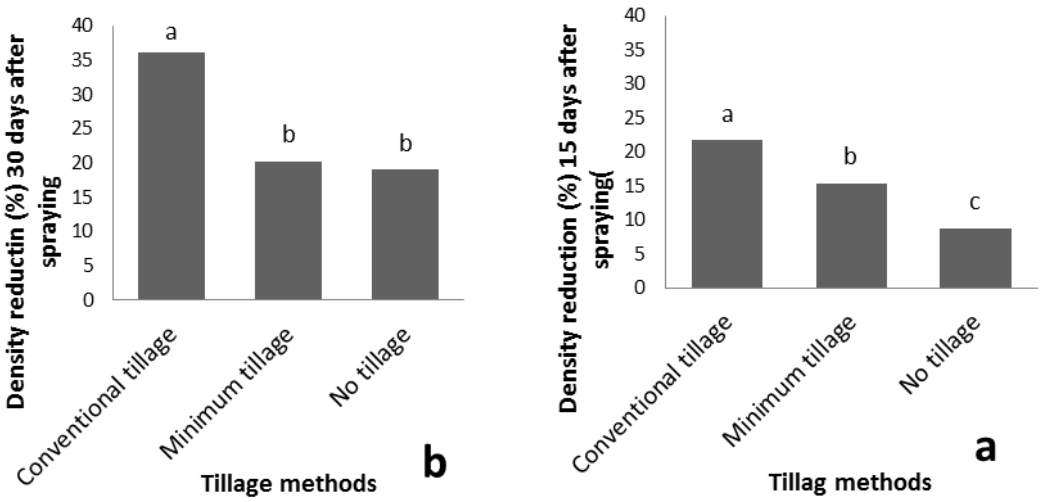
Table 4- Mean comparisons of broadleaf weeds density (square meters) separated by species

	بی خاک‌ورزی No tillage			کم خاک‌ورزی Minimum tillage			خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage		
نام علف‌هرز Weed name	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying
سلمک *Chenopodium album* L.	1.95[b]	1.75[b]	1.5[b]	4.02[a]	4[a]	3.7[a]	5.1[a]	4.55[a]	4[a]
تلخه بیان *Acroptilon repens* D.C.	1.35[a]	1.55[a]	1.5[a]	2.3[a]	1.75[a]	1.55[a]	2.75[a]	2.35[a]	2.25[a]
خارشتر *Alhagi alhagi* Fisch.	1.5[b]	1.4[b]	1.4[b]	0.65[b]	0.55[b]	0.55[b]	6.35[a]	4.4[a]	2.4[a]
تاج خروس *Amaranthus* sp.	1.5[a]	1.05[a]	0.7[a]	2.3[a]	1.55[a]	1.6[a]	4.05[a]	3.00[a]	2.99[a]

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

تفاوت در فلور علف‌های‌هرز موجود در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی را تأیید کردند و بیان داشتند علف‌هرز سلمه تره، تاج خروس و پیچک (*Convolvulus sepium* L.) در خاک‌ورزی مرسوم نسبت به بی‌خاک‌ورزی و علف‌های‌هرز باریک‌برگ در روش بدون خاک‌ورزی بیشتر مشاهده شد. بیشترین درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد، با وجود این‌که تراکم اولیه این علف‌های‌هرزدر خاکورزی مرسوم بیشتر از کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بود (جدول۳)، اما کاهش تراکم آن‌ها در کشت مرسوم بیشتر بود (شکل ۳). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2009) نیز در بررسی تأثیر روش‌های مدیریتی مختلف بر تراکم، ترکیب و تنوع علف‌های‌هرز مزرعه ذرت دریافتند که کمترین تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز در سیستم شخم مرسوم به دست آمد. آن‌ها دلیل این امر را دفن علف‌های‌هرز و نابودی مریستم‌های حساس آن‌ها توسط شخم سنگین دانستند. البته در مطالعه این محققین، بخش عمده ترکیب علف‌های‌هرز متعلق به گونه‌های پهن‌برگ بود و لذا کنترل عمومی علف‌های‌هرز در سیستم خاک‌ورزی مرسوم در مقایسه با سیستم‌های حفاظتی بیشتر برآورد شد.



شکل۳- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ در ۱۵روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 3- Effect of different tillage methods on weed density in a broadleaf leaves at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ به تفکیک گونه تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز در جدول ۴ مشاهده می‌شود. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز سلمک، تلخه بیان و خارشتر (*Alhagi alhagi* Fisch.) ۳۰ روز بعد از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه، در تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت به ترتیب ۳۸/۱۸، ۳۸/۱ و ۷۵/۹۶ درصد مشاهده شد و تیمار وجین بر خلاف تصور در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۴). غلظت‌های پایین علف‌کش انوک (ده و ۱۵ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت) باعث کنترل نسبتاً مطلوب علف‌هرز سلمک شد، اما برای کنترل علف‌هرز تلخه بیان مناسب نبود. غلظت ده گرم انوک به هیچ عنوان روی علف‌هرز پهن‌برگ خارشتر تأثیر نگذاشت (جدول ۴). یکی از دلایل عدم تأثیر غلظت پایین علف‌کش انوک روی خارشتر، زمان سمپاشی بود، چون زمانی که شرایط گیاه پنبه برای استفاده از علف‌کش فراهم شد، علف‌هرز خارشتر بسیار رشد کرده و از دوره بحرانی کنترل علف‌هرز خارج شده بود. رشد زودتر علف‌هرز نسبت به محصول بهاره، توانایی علف‌هرز را برای رقابت با گیاه زراعی افزایش می‌دهد، اگر علف‌هرز در زمان مناسب کنترل نشوند، استفاده از دزهای پایین علف‌کش، تأثیر مطلوبی در کنترل علف‌هرز ندارد (Karlen et al., 1994). کاربرد با تأخیر علف‌کش موجب کاهش اثربخشی آن روی علف‌هرز می‌شود و علف‌کش‌های پس رویشی غیر مداوم در صورتی‌که در زمان مناسب استفاده نشوند نمی‌توانند اثر کافی در کنترل گیاهچه‌های علف‌هرز رشد یافته داشته باشند (Franke et al., 2001). بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز تاج خروس به ترتیب، در تیمار وجین (۸۹/۲۷ درصد) و ۲۰ گرم انوک در هکتار (۵۱/۵۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به سایر مطالعه به نظر می‌رسد که حساسیت گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز پهن‌برگ، به کنترل آن‌ها با وجین دستی بسیار متنوع است، به طوری‌که گندمک (*Sorghum halepense* L. pers.) و سلمک در مراحل اولیه رشد به ترتیب ۴۲ و ۱۰۰ درصد به وسیله وجین دستی کنترل شدند.

مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ نشان داد که تیمار وجین بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌هرز پهن‌برگ در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی داشت. وجین دستی علف‌های‌هرز باعث حذف رقابت بین علف‌های‌هرز و پنبه در مراحل حساس رشدی پنبه شد و تراکم علف‌های‌هرز را در مراحل بعدی کاهش داد. بین سطوح مختلف غلظت علف‌کش، تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار، با ۳۷/۶۹ درصد بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌های‌هرز بعد از گذشت ۳۰ روز از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه علف‌های‌هرز نشان داد. کاربرد غلظت‌های بالاتر علف‌کش موجب کنترل مطلوب‌تر علف‌های‌هرز شده و تراکم آن‌ها را کاهش داد.

جدول۵- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ (در مترمربع) به تفکیک گونه تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز

Table 5- Mean comparisons of broad-leaf weed density (plants.m^{-2}) under different types of weed control methods separated by species

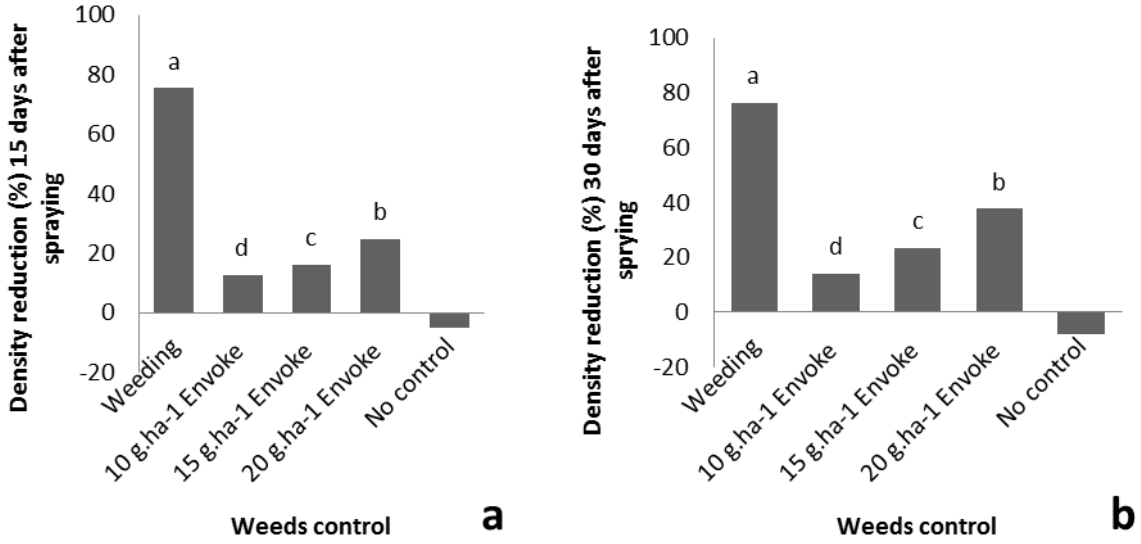
گونه علف‌هرز Weed species		۱۰ گرم در هکتار انوک 10 g.ha^{-1} Envoke	۱۵ گرم در هکتار انوک 15 g.ha^{-1} Envoke	۲۰ گرم در هکتار انوک 20 g.ha^{-1} Envoke	وجین Weeding	عدم کنترل No control
سلمک *Chenopodium album* L.	اولیه Primary	4.1^{ab}	3.33^{a}	5.16^{a}	2.66^{b}	5.33^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	4.4^{b}	2.83^{ab}	4.83^{ab}	0.583^{c}	5.66^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	3^{b}	2.33^{bc}	3.91a^{b}	0.5^{c}	5.66^{a}
تلخه بیان *Acroptilon repens* L.	اولیه Primary	2^{a}	1.83^{a}	2.33^{a}	1.58^{b}	2.91^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	1.1^{ab}	1.66^{ab}	2.08^{a}	0.66^{c}	3.8^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	1.83^{b}	1.66^{ab}	1.91^{ab}	0.16^{c}	3.25^{a}
خارشتر *Alhagi alhagi*	اولیه Primary	3.08^{a}	3.3^{ab}	2.08^{bc}	5.1^{c}	4.16^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.83^{b}	2.75^{a}	0.66^{c}	0^{c}	4.33^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	3.08^{a}	2.61^{a}	0.5^{c}	1^{c}	3.5^{a}
تاج خروس *Amaranthus* sp.	اولیه Primary	2.75^{ab}	2.83^{ab}	2.58^{ab}	2.33^{a}	4.25^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.083^{b}	2.25^{b}	1.58^{b}	0.75^{c}	4.75^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	2.33^{b}	2.08^{b}	1.25^{bc}	0.25^{c}	5.85^{a}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

عملکرد پنبه

در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر عملکرد وش، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین عملکرد مربوط به کم‌خاک‌ورزی (۷۵۵۱/۰۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن، مربوط به خاک‌ورزی مرسوم (۵۷۹۲/۱ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶). کم بودن تراکم علف‌های‌هرز در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در طی فصل رشد، کاهش رقابت و افزایش فضای مورد نیاز برای رشد گیاه زراعی پنبه، عواملی بودند که در افزایش عملکرد دو سیستم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم مؤثر واقع شدند. رایت و همکاران (Wright et al., 2007) بیان داشتند که علت افزایش عملکرد پنبه در سیستم های کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، رقابت کمتر علف‌های‌هرز با پنبه و قابلیت دسترسی بیشتر به فسفر و نیترات در سطح خاک می‌باشد (Wright et al., 2007).



شکل ٤- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 4- The effect of different methods of weed control on broad leaves weed density at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد پنبه تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کنترل علف‌هرز

Table 6- Mean comparisons of cotton yield under different cultivation and weed control Methods

روش خاک‌ورزی Soil cultivation methods	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	5792.1^{c}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	7170.3^{b}
کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage	7551.09^{a}
LSD (0.05)	101.96
۱۰ گرم انوک 10 g.ha^{-1} Envoke	6051.8^{d}
۱۵ گرم انوک 15 g.ha^{-1} Envoke	6982.5^{c}
۲۰ گرم انوک 20 g.ha^{-1} Envoke	7101.12^{b}
وجین Weeding	7504.98^{a}
عدم کنترل No control	5968.75^{e}
LSD (0.05)	97.57

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

اثر کنترل علف‌هرز بر عملکرد پنبه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد، مربوط به تیمار وجین (۷۵۰۴/۹۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد در تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز (۵۹۶۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۶). کاهش تراکم

علف‌های‌هرز در تیمار وجین دستی، باعث کاهش رقابت بر سر آب و مواد غذایی بین علف‌هرز و گیاه پنبه شد. مطابق جدول‌های ۳ و ۵ بیشترین تراکم علف‌های‌هرز (باریک و پهن برگ) در طی فصل رشد مربوط به تیمار عدم کنترل علف‌هرز بود و تیمار عدم کنترل در مقایسه با تیمار وجین، ۲۵/۷۳ درصد کاهش عملکرد داشت. دلیل کاهش عملکرد در حضور علف‌های‌هرز مؤید آن است که با ورود علف‌های‌هرز به دلیل سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع ناشی از رقابت و به تبع آن رشد رویشی بیشتر، مواد فتوسنتزی به بخش رویشی هدایت شده، سهم بخش زایشی در چنین شرایطی کاهش خواهد یافت (Zand et al., 2007). عملکرد در دز ۲۰ گرم در هکتار انوک نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز، ۱۵/۹۴درصد افزایش داشت که این افزایش عملکرد را می‌توان به ۵۰/۴۲ درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز با استفاده از ۲۰ گرم انوک در هکتار مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌ورزی حفاظتی (کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، به ترتیب باعث افزایش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ و کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ شد. در روش بدون خاک‌ورزی علف‌های‌هرز چندساله، در روش کم‌خاک‌ورزی هم علف‌های‌هرز چندساله و هم علف‌های‌هرز یک‌ساله و در نهایت در خاک‌ورزی مرسوم بیشتر علف‌های‌هرز یک‌ساله مشاهده شد. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز (باریک و پهن‌برگ) در مزرعه پنبه، تحت تأثیر دز ۲۰ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد و خاک‌ورزی حفاظتی در رتبه بعدی قرار گرفت. بیشترین عملکرد پنبه در تیمار کم‌خاک‌ورزی به همراه وجین علف‌های‌هرز مشاهده شد و روش بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

منابع

Burke, I.C., and Wilcut, J.W. 2004. Weed management in cotton with CGA 362622, Fluometuron, and Pyrithiobac. Weed Technology 18: 268-276.

Chauhan, B.S., and Abugho, S.B. 2012. Interaction of rice residue and PRE herbicides on emergence and biomass of four weed species. Weed Technology 26: 627-632.

Franke, A.C., McRoberts, N., Marshall, G., Malik, R.K., Singh, S., and Nehra, A.S. 2001. The contribution of zero tillage for the management of *Phalaris minor* in the Indian rice- wheat system. British Crop Protection Conference Weeds 2: 901-906.

Froud-Williams, R.J. 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In: Altieri, M.A., Liebman, M. Editors. Weed management in agroecosystems. Ecological Approaches. Boca Raton, FL: CRC p. 36-213.

Jacobs, C.O., and Harrel, W.R. 1983. Agricultural power and machinery. Mc Grow Hill Book Companies. New York.

Jahani-Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. The effects of soil chemical characteristics on weed species diversity in eastern Mashhad region wheat (*Triticum aestivum* L.) fields. Journal of Agroecology 4(2): 91-103. (In Persian with English Summary)

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., and Cruse, R.M. 1994. Crop rotations for the 21st century. Advances in Agronomy 53: 1-45.

Khorramdel, S., Koochaki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different input management on weed composition, diversity and density of corn field. Journal of Agroecology 1: 1-10. (In Persian with English Summary)

Leon Chris, T., Shaw David, R., Bruce Lori, M., and Watson, D. 2003. Effect of purple (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*Cyprus esculentus*) on growth and reflectance characteristics of cotton and soybean. Weed Science 51: 557- 564.

Liebman, M., Drummond, F., Corson, A., and Zhang, J. 1996. Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems. Agronomy Journal 88: 18-26.

Madandost, M., Froharina, D., and Inaloyii, B. 2009. Conservation tillage and drip irrigation effects on water use and yield of maize in the city of Fasa. In: National Conference on Water Deficit and Drought Stress in Agronomy, Arsanjan,

Iran, 23-24 February p. 1-12. (In Persian with English Summary)

Musavi, M. 2009. The Principles and Methods of Weed Control. Marzdanesh Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

Porterfield, D., Wicut, J.W., Clewis, S.B., and Edmisten, K.L. 2002. Weed free yield response of seven cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars to CGA_{362622} post emergence. Weed Technology 16: 180-183.

Rashedmohasel, M.H., and Kuchaki, A. 2007. Principles and Operations of Dryland Farming. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Richardson, R.J., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2007. Pre emergence herbicides followed by Trifluxysulfuron post mergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.

Richardson, R.J., Wilson, H.P., Armel, G.R., and Hines, T.E. 2004. Influence of Adjuvants (surfactant) on cotton (*Gossypium hirsutum*) response to post emergence applications of CGA_{362622}. Weed Technology 18: 9-15.

Showler, A.T., and Greenberg, M.S. 2003. Effect of weed on selected arthropod herbivore and natural enemy population and yield. Environmental Entomology 32: 39-50.

Swanton, C.J., Shrestha, A., Knezevic, S.Z., Roy, R.C., and Ball-Coelho, B.R. 2000. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. Weed Research 12: 76-87.

Tesdale, J.R., Beste, C.E., and Potts, W.E. 2003. Response of weeds to tillage and cover crops residue. Weed Science 39: 195-199.

Vencill, W.K., and Banks, P.A. 1994. Effects of tillage systems and weed management on weed population in grain sorghum. Weed Science 42: 541-547.

Wilcut, J.W., York, A.C., and Jordan, D.L. 1995. Weed management systems from oil seed crops. In: A.E. Smith, ed. Handbook of Weed Management Systems. New York: Marcel Bokker.

Wright, A.L., Hons, F.M., Lemon, R.G., McFarland, M.L., and Nichols, R.L. 2007. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. Soil and Tillage Research 96: 19-27.

Zand, A., Musavi, K., and Heydari, A. 2007. Herbicides and Their Application Methods. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 267

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۷

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils

S. Homayoun[1], A. Lakzian[2*], G.H. Haghnia[3] and R. Khorassani[4]

Submitted: 22-12-2010
Accepted: 07-04-2012

Keywords: Bacterial inoculation, K/Na ratio, Salt tolerance

Introduction

Soil salinity is one of the major agricultural problems and it is limiting crop productivity in many parts of the cultivated areas all over the world. Saline soils are differentiated by the presence of great ratios of Na/Ca, Na/K, Ca^{2+}, Mg^{2+}, and Cl/NO_3 (Gratan & Catherine, 1993) and high levels of neutral salts in the surface layers, which are resulting from the capillary action (Al-Falih, 2002). Osmotic stress occurs when soluble salts increase in the soils and then results in specific ion toxicity (Agarwal & Ahmad, 2010). Therefore, one of the most important side effects of salinity is nutritional disorders. High concentration of NaCl in the root medium usually reduces nutrients uptake and affects the transportation of potassium and calcium ions in plant. (Gratan & Catherine, 1993) reported that the salinity of soils changes ionic strength of the substrate and it can influence mineral nutrient uptake and translocation. Salinity also changes the mineral nutrient availability and disrupts the mineral relations of plants. Hence, the main purpose of this research is to evaluate the effects of rhizobial bacteria inoculation on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils.

Material and methods

Soil sample was collected from Astan Ghodse Razavi farm, Mashhad Iran, and then was dried and passed through a 12-mesh (approximately 2 mm) screen. Soil sample was divided into three parts and then was placed into three containers. Each container was watered by a different proportion of saline water (EC= 10 $dS.m^{-1}$). Salinity of soils was regularly monitored until three salinities (2, 6 and 10 $dS.m^{-1}$) came out. Then, a completely randomized design with a factorial arrangement was carried out in a greenhouse condition. The experimental factors included four levels of inoculation (*Sinorhizobium meliloti*, *Bradyrhizobium japonicum* and *Rhizobium leguminosarum* and control) and three levels of soil salinity (2, 6 and 10 $dS.m^{-1}$) with three replications. Wheat seeds were sterilized in 5% sodium hypochlorite for 2-3 minutes and were washed several times and then were germinated and seedlings were inoculated with bacterial strains. Inoculated wheat seedlings were grown in 1 kg pots. Wheat seedling was watered with sterilized water for one month and was harvested for chemical analysis. Potassium and sodium concentrations in plant tissues were determined by flame photometer and calcium concentration was measured by using Atomic absorption spectroscopy (AAS).

Results and discussion

The results showed that the root and shoot dried weight, K and Ca concentrations and K/Na ratio in wheat shoot were significantly decreased with increasing soil salinity. The lowest shoot and root dry weight were observed in high level of salinity (10 $dS.m^{-1}$). Inoculation of wheat seedlings with rhizobial bacteria had a positive effect on shoot and root dry weight. The highest shoot and root dry weight were obtained when wheat seedlings were inoculated with *Sinorhizobium meliloti* in non-saline soil treatment (2 $dS.m^{-1}$). Calcium concentration increased significantly in all levels of salinity when wheat seedlings were inoculated with *Rhizobium leguminosarum*. Among all tested strains, *Rhizobium leguminosarum* had a prominent effect on growth of wheat seedlings. With increasing soil salinity, the concentration of sodium increased in shoot and root tissues and K/Na ratio declined dramatically. The lowest K/Na ratio was found in the highest level of salinity (10 $dS.m^{-1}$). On contrast, the K/Na ratio in wheat shoot was amplified when wheat seedlings were inoculated with rhizobial strains. The highest K/Na ratio was observed in Rhizobium leguminosarum treatment. There are data that show that wheat cultivars having greater leaf K:Na, K ion flux, and growth improve under saline conditions

1, 2, 3 and 4- MSc Student, Associated Professor, Professor and Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: alakzian@yahoo.com)

(Mayak et al., 2004; Morant Manceau et al., 2004; Yao, 2010). It seems that *Rhizobium leguminosarum* reduced the detrimental effect of salinity to some extent.

Acknowledgements

This research was partially supported by vice president for research and technology of Ferdowsi University of Mashhad. We thank our colleagues who provided insight and expertise that greatly assisted the research, although they may not agree with all of the interpretations or conclusions of this paper.

References

Agarwal, S., and Ahmad, Z. 2010. Contribution of the *rhizobium* inoculation on plant growth and productivity of two cultivars of Bersem (*Trifolium alexandrinum* L.) in saline soil. Asian Journal of Plant Sciences 9(6): 34-350.

Al-Falih, A.M.K. 2002. Factors affecting the efficiency of symbiotic nitrogen fixation by *rhizobium*. Pakistan Journal of Biological Sciences 5(1): 127-1293.

Gratan, S.R., Catherine, M., and Grieve, C.M. 1993. Mineral nutrient acquisiton and response by plants grown insaline environments, Handbok of Plant and Crop Stress, Marcel Deker Inc, New York pp. 203-226.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.

Morant Manceau, A., Pradier, E., and Tremblin, G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology 161: 25-33.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by Pseudomonas putida Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49-54.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 269

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۹

Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker)

S.M. Seyyedi[1], P. Rezvani Moghaddadm[2*], R. Shahriari[1] and M. Azad[1]

Submitted: 29-05-2011
Accepted: 03-01-2012

Keywords: Allelochemicals, Decay durations, Leaf, Parasitic weed, Root, Stem

Introduction

Dodder (*Cascuta campestris* Yuncker) is an annual parasitic plant from the Convolvulaceae family (Mishra et al., 2007). It wraps around many adjacent dicot and a few monocot plants, penetrates in their vascular tissue and exploits photosynthates, nutrients and water (Lanini & Kogan, 2005). Consequently, the growth, vigor and production of the host plant will be severely reduced (Nadler-Hasasr & Rubin, 2003). Dodder is not able to complete its cycle, if it is not attached to a host. Therefore, it is entirely dependent on its host for supplying water, assimilates and minerals (Mishra et al., 2007).

Considering the nature of dodder habit, it is rarely possible to completely control dodder by using different chemical herbicides (Lanini & Kogan, 2005). In addition, because of increasing the environmental concerns caused by applying synthetic herbicides, there is considerable attention to alternative strategies for weeds management (Batish et al., 2002; Bowmik & Inderjit, 2003).

In recent years, allelopathic plants, an alternative strategy for weed management, have received massive attention (Narwal, 2010; Jamil et al., 2009). Due to the importance of dodder as a parasitic weed, this research was conducted with the purpose of studying the allelopathic effects of aqueous extracts and decay durations of caster bean (*Ricinus communis* L.) organs on germination and emergence of dodder.

Materials and methods

The current study was conducted based on three separate experiments using a completely randomized design (CRD) with factorial arrangement with three replications. The first experiment was conducted in petri dishes and consisted of caster bean organs at four levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations at 11 levels (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10%). The second experiment was conducted in pots and factors were caster bean organs at 4 levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations in 5 levels (0, 2.5, 5, 7.5 and 10%). The third experiment was conducted with caster bean organs at 4 levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and decay durations at 8 levels (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days of decay and control).

All experimental data were analyzed by ANOVA and the means were separated by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and discussion

The results of the first and the second experiment showed that aqueous extract of caster bean organs has a significant effect on dry weight, length of seedling and germination of dodder. From the third experiment, decay duration had a significant effect on the mentioned traits. Leaf aqueous extract in comparison with other organs had the most effect on the studied traits. The complete suppression of emergence was observed in 0, 15, 30 and 45 days of decay by using caster bean leaves.

In conclusion, caster bean residues showed great potential for reducing germination and growth of dodder.

1 and 2- MSc Student and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Therefore, allelopatic potential of caster bean can be considered as a sustainable approach in integrated dodder management systems. In the future, the effective concentrations of aqueous extracts of caster bean organs may be useful as sources for producing biological herbicides.

References

Batish, D.R., Tung, P., Singh, H.P., and Kohli, R.K. 2002. Phytotoxicity of sunflower residues against some summer season crops. Journal of Agronomy and Crop Science 188: 19-24.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Jamil, M., Cheema, Z.A., Mushtaq, M.N., Farooq, M., and Cheema, M.A. 2009. Alternative control of wild oat and canary grass in wheat fields by allelopathic plant water extracts. Agronomy for Sustainable Development 29: 475-482.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cucuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32: 165-179.

Mishra, J.S., Moorthy, B.T.S., Bhan, M., and Yaduraju, N.T. 2007. Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (*Cuscuta campestris*) and its management in niger (*Guizotia abyssinica*). Crop Protection 26: 625-629.

Nadler-Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* to herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341-347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25: 51-72.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 271

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۱

The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.)

A. Koocheki[1*], A. Ruhi[2] and F. Nurbakhsh[3]

Submitted: 23-10-2012
Accepted: 13-03-2013

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter*, Nitroxin**,** Phosphate Solubilizing Bacteria

Introduction

Canola is the world third oil crop with 25 to 55 percent oil content (Hezbavi & Minaei, 2008). In recent years, tendency towards expansion of the acreage of canola in Iran has been increasing and for the years 2010-2011 an area of 93000 ha with a total production of 190000 tons has been reported (Ministry of Jihad of Agriculture, 2013). Application of biological fertilizers which are environmentally friendly agents have been reported to enhance yield and quality of different crops (Shoghi Kalkhoran et al., 2012; Afrasiabi et al., 2011). The purpose of the present study was to investigate the effects of biological fertilizers on quantitative and quality criteria of canola.

Material and methods

For this study, a factorial arrangement based on randomized complete block design and three replicates was used. The experimental treatments were three canola cultivars namely okapi, zarfam and modena which was combined with four levels of biological fertilizers: Nitroxin, Phosphat solubilizing bacteria (PSB), Nitroxin+PSB and a control. Seeds were planted in plots of 2×3 m^2. All field managements were carried out based on conventional practices. The measured criteria were plant height, number of pods per plant, 1000- seed weight, biomass yield, harvest index, oil content and yield.

Results and discussion

The results showed that in all studied criteria except 1000- seed weight there were significant differences between cultivars. Different fertilizer treatments had a significant effect on all criteria except 1000- seed weight and HI. Modena cultivar had the highest oil yield and quantitative characteristics. Composition of phosphate solubilizing bacteria+nitroxin also had the highest oil yield and quantitative characteristics. The interactions between biofertilizer treatments and cultivars in all criteria were not significant. The result of this experiment indicated the effectiveness of use of biofertilizers.

References

Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, A.M. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar- 2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata* cv. Robinson. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 4: 43-54. (In Persian with English Summary)

Hezbavi, E., and Minaei, S. 2008. Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Food Science and Technology Research Journal 5: 21-28. (In Persian with English Summary)

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2013. Available at Web site http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52 (verified 12 march 2013)

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effects of biofertilizer and green manure (winter wheat) in combination with integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences 3: 35-52. (In Persian with English Summary)

1, 2 and 3- Professor, MSc Student and PhD Student in Agroecology, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 272

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۲

The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions

E. Gholami Sharafkhane[1], M. Jahan[2], M. Banayan Avval[3], A. Koocheki[4] and P. Rezvani Moghaddam[4]

Submitted: 06-05-2013
Accepted: 13-05-2014

Keywords: Cattle manure, Dry matter yield, Low input system, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Vermicompost

Introduction

Savory (*Satureja hortensis* L.) is an annual herbaceous plant that belongs to the Lamiaceae family. Nowadays, the use of biofertilizers is increased in agriculture and their role in increasing the crops production has been demonstrated in many research works (Vessey, 2003; Chen, 2006; Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). One of the most important visions is sustainable production of enough food plus paying attention to social, economical and environmental aspects. (Gliessman, 1998) stated that the first step to achieve this goal is optimization and improvement of resources use efficiencies.

Considering medicinal importance of savory and its role in the food and pharmaceutical industries (Omidbeigi, 2000), beside the limited nutrient resources and need to increase healthy production through using ecological inputs, this study was designed and conducted aimed to evaluate agroecological characteristics of savory as affected by the application of biofertilizers, chemical and organic fertilizers under Mashhad conditions.

Materials and methods

In order to study the effects of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of summer savory, a split-plot design based on RCBD with three replications was conducted during the growing season of 2012 at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Different levels of cattle manure (0 and 25 $t.ha^{-1}$) were assigned to the main plots and different types of bio fertilizers (Nitroxin, containing *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp., Biophosphor, containing phosphate-solubilizing bacteria (*Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp.), Biosulfur, containing sulfur-solubilizing bacteria (*Thiobacillus* ssp.), combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur), vermicompost (7 $t.ha^{-1}$), chemical fertilizers (NPK: 60, 60 and 70 $kg.ha^{-1}$) and control (no fertilizer) were used in the sub-plots.

Results and discussion

According to the results, all studied characteristics including plant height, lateral branches, flowering shoot yield, stem yield, percentage of essential oil and dry matter yield were affected positively by cattle manure. The highest plant height and number of lateral branches resulted from vermicompost and combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur, respectively. Biosulfur fertilizer produced the highest dry matter yield, flowering shoot yield and stem yield. Percentage of essential oil was also significantly affected by fertilizer treatments as the most percentage of essential oil was obtained from Nitroxin, vermicompost and combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur. A positive and strong correlation was observed between dry mater yield and flowering shoot yield and stem yield, respectively.

Conclusion

The results indicated that application of organic and inoculation of biological fertilizers have positive effects on improvement of qualitative and quantitative traits of summer savory, so it could be considered as an

1, 2, 3, and 4- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor, Associate Professor, Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gholamisharafkhane.eghsh@gmail.com)

alternative method for healthy production of summer savory.

Acknowledgements

The expenses for this research were funded by the Research and Technology Deputy of the Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of agriculture. The financial support is appreciated.

References

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand. 11 pp.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press. ISBN: 1-57504-043-3

Mahfouz, S.A., Sharaf- Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. vol. (3). Beh Nashr Publisher, Mashhad. (In Persian)

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 274

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۴

Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province

K. Majd Salimi[1*], E. Amiri[2] and S. Shaigan[3]

Submitted: 27-04-2013
Accepted: 22-06-2014

Keywords: Rainfed field, Sprinkler, Supplemental irrigation, Tea yieldirrigation, Water use efficiency

Introduction

Tea leaves harvesting practically starts from April to November in two provinces (Guilan & Mazandaran), due to being located in rain fed and mountainous areas. In unirrigated fields during a drought season, the yield quality was reduced at the middle of growth periods (Majd Salimi & Mirlatifi, 2008). Therefore, to avoid the loss, improve the quality and increase yield, tea bushes needed supplemental irrigation during a drought season (Stephens & Carr, 1991a). According to reported research works in different tea cultivating countries, water use efficiency of produced tea was between 1.5-9 $kg.ha^{-1}.mm^{-3}$ of used water. This variation practically depends on the type of irrigation system, amount of rain and irrigation, clone type, fertilizer amount and type, season, climatic conditions, field management, age of bushes as well as harvesting (Carr, 2010 a,b; Stephens & Carr, 1991 a,b). There is no report to indicate water use efficiency in tea fields in farmers management conditions .The results of some research works on optimal use of water and fertilizer showed that water use efficiency in rain fed (non irrigated) case was between 2.1-6.7 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ of used water (rain) and in complete irrigation condition it was between 4.6-8.7 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ of used water (rain and irrigation water). According to the results, water use efficiency variation depends on climatic condition (high temperature and air humidity deficit), applied nitrogen fertilizer and interval of irrigation (Majd Salami et al., 2011; Majd Salami, 2012). This investigation was conducted to ascertain yield quality, used water, irrigation use efficiency and water use efficiency in tea fields in the Guilan province and to analyze field management, harvest and effective irrigation variation factors on this index in farmers management conditions.

Material and methods

The rate of water productivity (WP) was assessed in six irrigated tea fields and three rain fed (non irrigated) cases in farmers management method for two years (2009-2010). During the growing season, yield quality of each field in successive harvests, including soil moisture were assessed with the help of gravimetric soil method and water balance equation. Volume of water entered the irrigation system and amount of water reached to surface level were measured. The amount of rainfall was measured using rain gauge installed at the site. The United State Department of Agriculture (USDA) method was used to measure the effective rainfall. During the growing season, soil moisture balance equation and soil moisture monitoring and measurement were conducted in all selected fields, with the help of sampling weights method (average of weight in three depths of root). For selected tea fields in rainfed conditions (WS, CN and EM), production per unit of effective rainfall or water productivity due to effective rainfall (WPp) and gross irrigation water consumption productivity and actual water consumption productivity (evapotranspiration) in irrigated tea fields (WA, WB, CG, CK, EP & ED) were determined. Also, water irrigation productivity (IWP) in irrigated tea fields was calculated.

Result and discussion

The mean quantities of made tea in irrigated and rainfed cases were 2843 and 1095 kg ha^{-1}, respectively. Average of gross irrigation and effective rainfall (WP) and irrigation water productivity (IWP) in the irrigated fields were 4.39 and 4.55 kg. (made tea) $ha^{-1}.mm^{-1}$ and average of net WP (actual evaportanspiration) and net IWP was 5.18 and 6.61 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$, respectively. Average WP in rainfed tea fields was 3.4 $kg.ha^{-1}$ for each mm

1, 2 and 3- Researcher, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, Associate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch and Researcher, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, respectively.
(*- Corresponding author Email: k_majdsalimi@yahoo.com)

of effective rainfall. The most effective factors on WP reduction in tea fields were improper harvesting operations (non-standard plucking) and economic problems. Moreover, improper operation and maintenance and old irrigation systems and unprincipled irrigation scheduling in irrigated tea fields were also effective on WP reduction. Comparing the results of this study with other studies in the past showed that implementing the proper methods in irrigation management and appropriate agricultural practices can improve water productivity in tea fields.

References

Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 1. water relations. Experimental Agriculture 46(3): 327-349.

Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 2. water productivity. Experimental Agriculture 46 (3): 351-379.

Majd Salimi, K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 133 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., Salvatian, S.B., and Rezaeii, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran, Journal of Water and Soil 24(6): 1129-1141. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., and Mirlatifi, S.M. 2008. Tea (*Camellia* sinensis L.) yield response to irrigation and nitrogen fertilizer applications, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 12(44): 39-50. (In Persian with English Summary)

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experimental Agriculture 27: 177-191.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experimental Agriculture 27: 193-210.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 276

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۶

Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf-Rood basin in Mashhad)

H. Aghasafari[1*] and M. Ghorbani[2]

Submitted: 08-03-2014
Accepted: 19-05-2015

Keywords: Contingent valuation, Farmers financial participation, Polluted water, Tobit model

Introduction

Agricultural development in response to the growing demand for food is inevitable. Besides that, undesirable implications occur for human life and the environment that are requirements for problem- solving and change. Pollution of surface waters and ground waters includes the most important undesirable implications for agricultural development (Ongley, 2003). Chemical pesticides and fertilizers consist about 15 percent of water pollution. Chemical pesticides directly affect water quality. But chemical fertilizers affect water quality when large quantities of them enter the soil, so that its surplus enters rivers and lakes by outlet water and drainage and by providing food for algae causes their rapid growth. These materials consume the oxygen of water and cause the death of aquatic organisms (Ali Hosseini, 2011). Also, shedding liquids such as urban sewage, industrial sewage and domestic sewage on agricultural land particularly and the legal or illegal excretion of them in the water resources and failure or overflow of the sewage system cause water pollution. Since farmers are partners in the creation of water pollution, to reduce the environmental undesirable effects of polluted water we should examine farmers' behavior, until finally we become able to modify or reduce the undesirable environmental effects. For this reason, this study tried to examine farmers' financial participation to specifically reduce the undesirable environmental effects of polluted water in Kashaf- Rood basin .

Materials and methods

In order to examine farmers' financial participation (willingness to pay), the Contingent Valuation approach was used. In this approach, willingness to pay (WTP) to maintain the present situation and to make positive changes in the environment and willingness to accept (WTA) to compensate loss of profit or increase a loss of Environment (Pearce & Turner, 1990) were examined. In this study, for extracting the value of the goods or service in the contingent valuation approach, Open End technique was used, because the farmers who were questioned, were aware of the undesirable environmental effects of polluted water and the cost of reducing these effects. Tobit model by Heckman's two stages was the model used in this study. Failure of Logit and Robit models in the distinction between the factors affecting the decision and the factors affecting the level of activity were the main reasons for using this model (Darijani, 1999; Tobin, 1958). To achieve the desired sample proportion with the study objectives, simple random sampling was used, because of the homogeneity of the studied population. To determine the number of samples the Cochrane relationship and so were used. 100 questionnaires were collected from farmers of Kashaf- Rood Basin in the city of Mashhad in 2014. For estimation of Tobit model Shazam software version 11 was used.

Results and discussion

The results showed that variables of age, farmers agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-Rood river index, total amount of annual consumption of chemical pesticides and variables of sex, total cultivated land area, farmers agreement with benefits of preventing soil washing index, farmers agreement with desirable quality of available soil and water index and farmers agreement with investments to protect the soil and water index, experience in the use of soil and water conservation practices had significant positive and negative

1 and 2- Msc Student and Professor of Agricultural Economics Department of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: h.aghasafari@yahoo.com)

impacts on farmers' decisions to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water, respectively. Also, variables of age, type of agricultural activity, crops under cultivation, the total amount of annual chemical fertilizer consumption per year, the total amount of annual chemical pesticides consumption, farmers agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf- Rood river index and variables of net savings of agriculture, land ownership status, experience in the use of soil and water conservation practices, total cultivated land area, farmers agreement with desirable quality of available soil and water index, and sex had significant positive and negative impacts on the amount of farmers' financial participation to reduce the undesirable environmental effects of polluted water, respectively. The results indicated that the maximum amount of farmers' financial participation for reducing the undesirable environmental effects of polluted water per hectare in five scenarios were 134500, 179500, 225500, 271000 and 354500 rials, respectively.

References

Ongley, E. 2003. Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55: 101 pp.

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Ali Hosseini, M. 2011. The risks posed by pesticides and fertilizers. Geomorphology Page. Available at Web site http://geologist63.blogfa.com.

Darijani, A. 1999. A survey of depositors' view and factors affecting the amount of household bank deposits. MSc Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economic of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Tobin, J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26: 29-36.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 278

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۸

Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.)

A. Gholami[1*], I. Akbari[2] and H. Abbasdokht[1]

Submitted: 17-05-2014
Accepted: 24-08-2014

Keywords: Anethol, Bio fertilizer, Essence, Fennel, Organic manure

Introduction

Today, economic and environmental losses due to excessive use of chemical fertilizers in agriculture are well known. Obviously, a good alternative should be considered for this type of fertilizer. The objectives of sustainable agriculture are, by reducing off-farm inputs such as chemical fertilizers, to increase the nutrient cycle and the use of biological and organic fertilizers to increase agricultural yields. Studies on medicinal plants indicate that the use of sustainable farming systems provide the best conditions for the production of these plants. Biofertilizers are populations of beneficial soil organisms, or one or more of their metabolic products. Mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid are samples of biological and organic fertilizer that can be used, to eliminate or substantially reduce the use of chemical inputs in order to increase the quantity, quality and stability of the products. Mycorrhizal fungi is one of the most important rhizosphere microorganisms which has symbiotic relation with root of most crops. Mycorrhizal symbiosis improves the soil physical quality (through expansion of hyphae of fungus), chemical (through increased absorption of nutrients) and biological (the soil food web). This fungus increased nutrient uptake, such as phosphorus and some micronutrients, water uptake, reduces the negative effects of environmental stress, increases resistance to pathogens and improves the quality of their host plants (Ardakani et al., 2000; Gupta et al., 2002; Kapoor et al., 2004). Vermicompost is the production process of a certain species of earthworms to convert organic materials. Vermicompost contains absorbable nutrients that are available for plants. Humic acid is a completely natural organic matter produced from the final decomposition of soil organic matter by microorganisms. Humic acid stimulates the growth of the aerial parts and plants (Arancon et al., 2004; Atiyeh et al., 2002; Darzi et al., 2008; Ayas & Gulser, 2005; Rezvani Moghaddam et al., 2009).

Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is one of the most important medicinal plants. As the essential oil from the seeds is used in a variety of industries, pharmaceutical, food and cosmetics , Anethole is an important component of the essential oil of fennel seed. The aim of this study was evaluation of the effects of bio (mycorrhiza) and organic fertilizers (vermicompost and humic acid) on growth characteristics and the yield of fennel.

Materials and methods

This experiment was conducted as a factorial-based on a randomized complete block design in order to evaluate the effects of vermicompost application, humic acid and mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative aspects of fennel yield at the experimental farm of Shahrood University during the growing season of 2012-2013. This experiment includes 12 treatments and 3 replications. Vermicompost levels include: v_1 (no application) v_2 (4 $t.ha^{-1}$) v_3 (8 $t.ha^{-1}$). Mycorrhizal fungi includes: m_1 (no inoculation) and m_2 (inoculation) and humic acid includes: h_1 (no application) and h_2 (application). Each plot had 5 rows which were considered with row spacing of 50 cm and row length of 5 m . Mycorrhizal fungi were added to the soil under each seed rows with amounts of 10 grams. Humic acid was sprayed in 3 stages (vegetative, reproductive and seed filling stage) according to the recommended dose (200 mg per liter). Sampling and measuring of traits were done at the end of the season and after removal of border rows. A 50 gram grain sample of each plot was milled and then essence was collected with Clevenger for three hours using water distillation. Percent of fungal colonization was obtained with Gridline Intersect Method. Finally, for analysis of data and drawing shapes, Mstat-C software and Microsoft Excel were used. Comparison of the least significant difference test (LSD) was conducted at the 5% level.

1 and 2- Associated professor and Post Graduate (MSc) agricultural college, Shahrood University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ahgholami@yahoo.com)

Results and discussion

In this study, plant height, umbels per plant, seed weight per plant, seed and biological yield were significantly affected by the main effects of mycorrhiza, vermicompost and humic acid. The interaction effect of three factors on plant height was significant. The result showed that the highest plant height was obtained with application of 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhizal inoculation and humic acid application. The effects of mycorrhiza, vermicompost and their interaction with the number of seed per umbel were significant. The effects of vermicompost, humic acid and combination effects of mycorrhiza and vermicompost on 1000- seed weight were significant. The interaction effects of vermicompost and mycorrhiza on seed yield were significant. So, mycorrhizal inoculation and 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost application increased about 45% of seed yield over the control plots. The highest value of biological yield was recorded from combination of all factors. So, mycorrhizal inoculation with humic acid and 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost application produced 4823 $kg.ha^{-1}$ biological yield compared with the control plots (2463 $kg.ha^{-1}$).

References

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and bio- phosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and kumar, S. 2002. Effect of the vesicular- *arbuscular* mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Rezvani Moghaddam, P., Bakhshaee, S., Ghafori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis.* National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۰

Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city)

M. Rashid Sorkh Abadi[1*], A. Shahidi[2] and A. Khashei Siuki[2]

Submitted: 24-06-2014
Accepted: 27-01-2015

Keywords: Agroecosystem, Expert Choice, Geostatistical, GIS, Zoning

Introduction

Amongst effective factors in agricultural crops production, climatic condition is important from the view of environmental variables (Seidy Shahivandy et al., 2013). On the other hand, the basic in agricultural development is having detailed knowledge of the environmental characteristics in any place and applying specific management. Saffron as the world's most valuable agricultural and medicinal product is among the plants that has acquired a significant role in the economic and social conditions of arid and semi-arid areas of Southern and Central Khorasan and identifying fit regions for its cultivation around the country will provide the context for necessary planning about its development (Farajzade & Myrzabayati, 2007). According to the influence of various environmental factors on the growth and function of saffron, the process of assessing land ratio for its cultivation needs using detailed and various spatial and descriptive information. Geographical information systems have provided the opportunity to use this kind of data and have facilitated the spatial analysis of information based on intended models (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

Thereafter, this study was conducted with the purpose of evaluation of climatic conditions for saffron cultivation in the city of Torbate Heidariyeh.

Materials and methods

For this reason, climatic data of 10 meteorological stations in the province for a period of 10 years (2000-2010) was selected and with the help of Arc GIS software environment, the modeling and spatial analysis of information was conducted. By using suitable climatic conditions in different growth stages of saffron, information layers were classified and the value of the maps was determined. Finally, for integrating information layers, multi-criteria decision-making methods were used based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). A climatic potential map of saffron cultivation in the city of Torbate Hyidariyeh was prepared.

Results and discussion

The results of the study showed that the effects of rainfall, temperature and solar radiation climatic factors, appropriate for the different growth stages in each region are different. And from the total 9570.2071 kms^2 area of the the city of Torbate Hydariyeh according to Saffron cultivation zoning, 6% has a very good quality, 56% of the area has a good quality, 28% has relative conditions for cultivation, 8.5% has poor and 1.5% of the area has a quite unsuitable quality for the cultivation of saffron.

References

Farajzade, M., and Myrzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Teacher Humanities 50(1): 67-91.

Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Ghazvin province for Saffron cultivation based on Multi-Criteria decision making method. Journal of Natural Geographic Research 66: 101-119.

Seidy Shahivandy, M., Khaledy, S., Shakiba, A.R and Mir Baghery, B. 2012. The Agricultural climate zoning of corn in Lorestan province using of Geographical Information Systems techniques. Journal of Geographical Sciences Applied Research 13(29): 195-214.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 281

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۱

Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.)

R. Mohammadpour Vashvaei[1*], M. Galavi[2], M. Ramroudi[2] and B.A. Fakheri[3]

Submitted: 04-07-2014
Accepted: 15-02-2015

Keywords: Dehydration stress, Medicinal plants, Mycorrhiza, Organic fertilizer, ρ-cymene

Introduction

Thyme (*Thymus vulgaris* L.) is a perennial aromatic shrub belonging to the mint family (Davis, 1982) which has anti-spasmodic, antiseptic, carminative, anti-cough, sputum and antioxidant properties (Dapkevicius et al., 2002). Essential oil of thyme contains variable amounts of phenolic compounds such as thymol and carvacrol (20 to 80%), mono-terpinene hydrocarbons such as ρ-cymene, γ-terpinene and alcohols such as linalool, α-terpinene and tojan (Nickavar et al., 2005; Rustaiyan et al., 2000). Increasing the desired compounds of medicinal plants is possible by manipulation of cultivation techniques such as irrigation, fertilization or photo-bioreactor systems. Water deficiency is the most important factor limiting the growth and yield of drug crops, especially in arid and semi-arid regions (Babaee et al., 2010). Biofertilizers as an alternative in some cases and in most cases as a complement to chemical fertilizers can help to ensure the sustainability of agricultural production systems (Han et al., 2006). (Vital et al., 2002) mentioned the positive effects of biofertilizers in growth and yield of thyme.

The present study was designed to evaluate the effect of biofertilizers and drought stress on growth, yield and essential oil compounds of thyme.

Materials and methods

This experiment was conducted in a split-plot based on randomized complete block design with two replications, at the Research Farm of Zabol University, during the growing season of 2012 and 2013. The main plots consisted of irrigation with 30, 50, 70 and 90% of field capacity and subplots including plant inoculation with nitroxin, biophosphorus and mycorrhiza. Plant traits such as plant height (cm), fresh and dry weight of herbs (g.plant^{-1}), essential oil percentage, essential oil yield (ml.plant^{-1}) of thyme were measured. Chemical compositions of the oil were determined by gas chromatography (GC) and gas chromatography with mass spectrometer (GC/MS). For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA), Duncan's multiple range test (DMRT), simple correlation and stepwise regression were performed using SAS version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and discussion

In this experiment, the effects of drought stress, biofertilizer and their interactions with all studied traits were significant at the 1% probability level. The highest plant height (35.09 cm), fresh and dry weight of herbs per plant (103.52 and 43.27 g.plant^{-1}, respectively.) and essential oil yield (0.350 mL.plant^{-1}) belong to treatment of irrigation with 90% field capacity and nitroxin biofertilizer. The maximum essential oil percentage with 0.413% was obtained by irrigation with 70% field capacity and nitroxin biofertilizer. Fresh weight of herb per plant was the most crucial component in determining essential oil yield in thyme. Plants irrigated with 70% filed capacity gave the highest relative percentage of thymol, which reached 71.32, 50.68 and 47.71% in nitroxin, biophosphorus and mycorrhiza biofertilizer, respectively. This effect was accompanied with a decrease in ρ-cymene content. Inoculation with nitroxin biofertilizer as compared to other fertilizers could further amend drought stress and improve the plant growth, essential oil percentage and yield and phenolic compound thymol

1, 2 and 3- MSc student of Agroecology, Associate Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)

of thyme. Thus, it appears that in order to achieve sustainable agriculture instead of chemical fertilizers, use of bio fertilizers is recommended.

References

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Han, H.S., and Lee, K.D. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-insolubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52:130-136.

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press, Edinburgh 7: 320-354.

Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen J.P.H., and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. Journal of Natural Production 65: 892-896.

Nickavar, B., Mojab, F., and Dolat Abadi, R. 2005. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. Food Chemistry 90(4): 609-611.

Rustaiyan, A., Masoudi, S., Monfared, A., Kamalinejad, M., Lajevardi, T., Sedaghat, S., and Yari, M. 2000. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran. Planta medica 66: 197-198.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 283

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۳

Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.)

M. Sardar[1], M.A. Behdani[2*], S.V. Eslami[2] and S. Mahmoodi[2]
Submitted: 21-01-2015
Accepted: 04-05-2015

Keywords: Conservation tillage, Envoke (Trifloxysulfuron sodium), Fibrousplant, Weed species diversity

Introduction

Cotton shows its best growth where no weeds are present in the field and would give an acceptable yield and quality under these conditions. Soil cultivation is a part of cropping operations which is done to prepare the soil suitable for crop planting and consumes about 60% of the mechanical energy used in mechanized agriculture (Jacobs & Harrel, 1983). Herbicides are important tools of weed management in developed countries and they are one of the main pillars for IWM (Vencill & Banks, 1994). These chemicals, however, are most effective where weeds density has been reduced using other methods such as soil disturbances (Musavi, 2009). Trifloxysulfuron- sodium (Envoke) has been introduced as a low dose and is an effective tool in reducing chemical pesticides usage (Burke & Wilcut, 2004). It has been recommended to apply this herbicide at 2-8 leaf stage of cotton growth. The best result, however, has been achieved at 5-8 leaf stage (Richardson et al., 2007). Envoke is recommended at different dosages. The recommended dose in Iran is 15-20 $g.ha^{-1}$ Envoke WG 75% plus Citogate.

Material and methods

To evaluate the effect of combined dose of different soil tillage methods and weed control on density and diversity of cotton weeds, a split-plot experiment based on randomized complete block design was conducted at the city of Boshruyeh during the rowing season of 2012. Experiment factors were tillage method as the main plot with three levels including conventional tillage, no- till and minimum tillage, and different methods of weed control as sub plots at five levels including the herbicide trifloxysulfuron sodium (Envoke granular formulation with 75% water content of 11.25 $g.ha^{-1}$+ Citogate %2) at 10, 15 and 20 $g.ha^{-1}$, as well as a non-weeding and a hand hoeing plot with four replications. Identification of dominant weeds and their density calculations were conducted at three stages including before spraying as well as 15 and 30 days after spraying. Samplings were carried out at these three stages using the data from two 50x50 cm quadrates fixed in each plot between two adjacent ridges. Cotton yield was measured through sampling 20 cotton plants (2.5 m^2) from the two central lines after omitting 0.5 m from each side of the planting line as the margin effect. Analysis of variance was done using SAS v_8 and comparison of the means was conducted using FLAD at 5% level.

Results and discussion

In this experiment, field weeds included broad-and narrow-leaved weed species including *Chenopodium album, Alhaji alhaji, Amaranthus* spp., *Cynodon dactylon, Sophora secundiflora, Setaria* spp., *Echinochloa crus-gali, Acroptilon repens* L. The results showed that weeds density and composition were considerably affected by tillage methods. The no- and minimum tillage systems increased narrow leaf weeds density by 22.72 and 14.47% compared with conventional tillage, respectively, while these systems decreased the broad leaf

1 and 2- MSc of Agronomy and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

weeds density by 65.47 and 48.21%, respectively. Perennial weeds especially *Cynodon dactylon* were dominant species under the no tillage treatment, but annual weeds like *Setaria* spp., *Echinochloa crus-gali*, *Amaranthus* spp. and *Chenopodium album* were more dominant under conventional tillage. Both annual and perennial weeds were observed under reduced tillage treatments (chisel and disk). The greatest weed density reduction (narrow and broad- leaved) was observed where 20 $g.ha^{-1}$ of Envoke with Citogate was sprayed under conventional tillage and conservation tillage was next in the rank. The greatest cotton yield was observed under minimum tillage and hand weeding treatments.

References

Burke, I.C., and Wilcut, J.W. 2004. Weedmanagement in cotton with CGA 362622, Fluometuron, and pyrithiobac. Weed Technology 18: 268-276.

Jacobs, C.O., and Harrel, W.R. 1983. Agricultural power and machinery. Mc Grow Hill Book Companies. New York.

Musavi, M. 2009. The Principlesand Methods of Weed Control. Marzdanesh Publications, Tehran. Iran. (In Persian)

Richardson, R.J., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2007. Pre emergence herbicides followed By Trifluxysulfuron poste mergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.

Vencill, W.K., and Banks, P.A. 1994. Effects of tillage systems and weed management on weed population in grain sorghum. Weed Science 42: 541-547.

Contents

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils 147
S. Homayoun, A. Lakzian, G.H. Haghnia and R. Khorassani
Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) 156
S.M. Seyyedi, P. Rezvani Moghaddadm, R. Shahriari and M. Azad
The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.) 168
A. Koocheki, A. Ruhi and F. Nurbakhsh
The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions 179
E. Gholami Sharafkhane, M. Jahan, M. Banayan Avval, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam
Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province 190
K. Majd Salimi, E. Amiri and S. Shaigan
Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf- Rood basin in Mashhad) 202
H. Aghasafari and M. Ghorbani
Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) 215
A. Gholami, I. Akbari and H. Abbasdokht
Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city) 225
M. Rashid Sorkh Abadi, A. Shahidi and A. Khashei Siuki
Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) 237
R. Mohammadpour Vashvaei, M. Galavi, M. Ramroudi and B.A. Fakheri
Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.) 254
M. Sardar, M.A. Behdani, S.V. Eslami and S. Mahmoodi
Extended abstracts 267-284

Journal of Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 7 No. 2 Summer 2015

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad, Press
Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran
Tel: +98-51– 38806454
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

Journal of Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 7 No. 2 Summer 2015

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad, Press
Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran
Tel: +98-51– 38806454
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

تأثیر باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور ۱۴۷

سمیه همایون، امیر لکزیان، غلامحسین حق‌نیا و رضا خراسانی

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker) ۱۵۶

سید محمد سیدی، پرویز رضوانی مقدم، روشنک شهریاری و مسعود آزاد

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) ۱۶۸

علیرضا کوچکی، عقیل روحی و فرانک نوربخش

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد ۱۷۹

عفت غلامی شرفخانه، محسن جهان، محمد بنایان اول، علیرضا کوچکی و پرویز رضوانی مقدم

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان ۱۹۰

کوروش مجد سلیمی، ابراهیم امیری و شهرزاد شایگان

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود) ۲۰۲

حنانه آقاصفری و محمد قربانی

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) ۲۱۵

احمد غلامی، ایمان اکبری و حمید عباس دخت

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه) ۲۲۵

مهدیه رشید سرخ‌آبادی، علی شهیدی و عباس خاشعی

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.) ۲۳۷

رقیه محمدپور وشوایی، محمد گلوی، محمود رمرودی و براتعلی فاخری

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) ۲۵۴

محبوبه سردار، محمدعلی بهدانی، سید وحید اسلامی و سهراب محمودی

چکیده‌های مبسوط ۲۶۷-۲۸۴

Contents

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils 147
S. Homayoun, A. Lakzian, G.H. Haghnia and R. Khorassani
Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) 156
S.M. Seyyedi, P. Rezvani Moghaddadm, R. Shahriari and M. Azad
The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.) 168
A. Koocheki, A. Ruhi and F. Nurbakhsh
The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions 179
E. Gholami Sharafkhane, M. Jahan, M. Banayan Avval, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam
Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province 190
K. Majd Salimi, E. Amiri and S. Shaigan
Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf- Rood basin in Mashhad) 202
H. Aghasafari and M. Ghorbani
Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) 215
A. Gholami, I. Akbari and H. Abbasdokht
Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city) 225
M. Rashid Sorkh Abadi, A. Shahidi and A. Khashei Siuki
Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) 237
R. Mohammadpour Vashvaei, M. Galavi, M. Ramroudi and B.A. Fakheri
Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.) 254
M. Sardar, M.A. Behdani, S.V. Eslami and S. Mahmoodi
Extended abstracts 267-284

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 147-155

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۵۵-۱۴۷

تأثیر باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت K، Ca و Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌های شور

سمیه همایون[۱]، امیر لکزیان[۲*]، غلامحسین حق‌نیا[۳] و رضا خراسانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۱/۱۹

چکیده

شوری خاک یکی از مشکلات مهم در تولید فرآورده‌های کشاورزی است و سطح نسبتاً گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی در دنیا و ایران با مشکل شوری روبه‌رو هستند. یکی از اثرات شوری خاک، بروز اختلال در تغذیه گیاهان است و معمولاً مقادیر زیاد کلرید سدیم در محیط ریشه، سبب کاهش جذب، انتقال و تجمع یون‌هایی مانند پتاسیم و کلسیم در گیاه می‌شود. این پژوهش به منظور بررسی تأثیر تعدادی از جدایه‌های باکتری *ریزوبیوم* بر غلظت عناصر K، Ca، Na و نسبت K/Na گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) در خاک‌هایی با شوری مختلف، در شرایط گلخانه‌ای در سال ۸۹-۱۳۸۸ انجام شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل با چهار سطح باکتری (*سینوریزوبیوم ملیلوتی*، *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* و شاهد) و سه سطح شوری خاک (دو، شش و ده دسی‌زیمنس بر متر) در سه تکرار انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت عناصر K، Ca و همین‌طور نسبت K/Na کاهش معنی‌دار نسبت به شاهد داشت. باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* در شوری دو دسی‌زیمنس بر متر و باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در شوری‌های شش و ده دسی‌زیمنس بر متر بیشترین وزن خشک شاخساره (به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد)، غلظت‌های K، Ca و کمترین غلظت Na در گیاه گندم را ایجاد کردند.

واژه‌های کلیدی: تعادل یونی، تلقیح باکتریایی، مقاومت به شوری، نسبت K/Na

مقدمه

شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. این مناطق سطح نسبتاً گسترده‌ای از زمین‌های کشاورزی را شامل می‌شود و ایران نیز جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بر اساس آخرین پژوهش‌های انجام شده سطح کل زمین‌های فاریاب ایران حدود هفت میلیون هکتار است که حدود نیمی از آن، یعنی ۳/۵ میلیون هکتار از این زمین‌ها به نحوی، به شوری اولیه و ثانویه و یا هر دو مبتلا می‌باشند (Zabihi et al., 2009). معمولاً آسیب‌های ناشی از شوری خاک را می‌توان به اثرات ناشی از کاهش پتانسیل اسمزی و اثرات یون ویژه نسبت داد. املاح در ناحیه توسعه ریشه‌ها، پتانسیل اسمزی منفی ایجاد می‌کنند که این امر به کاهش پتانسیل آب در خاک منجر می‌شود. همچنین زمانی که یون‌های Na^+، Cl^- یا SO^{2-} در یاخته‌های گیاهی انباشته شوند، اثرات ویژه یون نیز بروز می‌کند. معمولاً با ایجاد نسبت غیر متقارن Na/K و افزایش غلظت کل نمک‌ها، غیر فعال شدن آنزیم‌ها رخ می‌دهد که این امر از ساخت پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند و یا زمانی که غلظت زیادی از Na^+ نسبت به Cl^- در کلروپلاست‌ها انباشته شود، عمل فتوسنتز متوقف می‌شود (Kafi et al., 2000).

مقاومت به شوری در گیاهان عمدتاً به توانایی ریشه‌ها برای محدود کردن یا کنترل کردن جذب Na^+ و Cl^- و جذب پیوسته عناصر ضروری به ویژه K^+ و NO_3^- بستگی دارد. در نتیجه برتری جذب K^+ نسبت به Na^+ یک ویژگی مهم به شمار می‌رود که به

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه فردوسی مشهد، دانشیار، استاد و استادیار گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: alakzian@yahoo.com)

تحمل گیاهان به شوری کمک می‌کند (Ashraf et al., 2004). رشد گیاه تحت تأثیر شوری بستگی به سازگاری برای برقراری مجدد تعادل یونی دارد (Nadeem et al., 2006). تلاش‌های زیادی برای کاهش اثرات زیان‌آور شوری صورت گرفته که اغلب این تلاش‌ها روی بهبود ویژگی‌های شیمیایی خاک متمرکز شده است. اخیراً رویکرد زیستی یعنی استفاده از ریزجانداران نیز مورد توجه تعدادی از پژوهشگران قرارگرفته است (Nadeem et al., 2006) . چنین به نظر می‌رسد که روش‌های زیستی هزینه‌های تولید و آسیب‌های زیست-محیطی کمتری را به بوم نظام‌ها تحمیل می‌کند (Bano & Fatima, 2009). کاهش اثرات زیان‌آور تنش شوری در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌ها در پژوهش‌های بسیاری گزارش شده است (Yildirim et al., 2008; Zabihi et al., 2009; Yildirim et al., 2006). یک دسته از باکتری‌های مورد استفاده برای افزایش رشد گیاه، باکتری‌های *ریزوبیوم* هستند. *ریزوبیوم*ها علاوه بر این‌که روابط همزیستی اختصاصی با گیاهان لگوم دارند قادر به افزایش رشد گیاهان غیرلگوم، بدون تشکیل گره‌های حقیقی هستند. این باکتری‌ها می‌توانند از راه تولید هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها، جلوگیری از ساخت اتیلن گیاهی در شرایط تنش، حل کردن فسفات معدنی و افزایش جذب عناصر غذایی رشد گیاهان غیر لگوم را افزایش دهند (Mehboob et al., 2009). بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) در آزمایشی گلخانه‌ای نشان دادند که تلقیح گیاه ذرت (*Zea mays* L.) با باکتری *ریزوبیوم* کارآیی این گیاه را در مقاومت به شوری افزایش داد و گیاهان تلقیح شده نسبت به گیاهان تلقیح نشده در شرایط تنش شوری رشد بهتر و ذی‌توده بالاتری داشتند. همچنین هان و لی (Han & Lee, 2005) گزارش کردند که تلقیح کاهو (*Lactuca sativa* L.) با *ریزوبیوم* اثرات منفی شوری بر رشد و غلظت عناصر را کاهش داد.

هدف از این مطالعه بررسی نقش برخی از باکتری‌های *ریزوبیوم* بر رشد گیاه گندم و تأثیر این باکتری‌ها بر غلظت کاتیون‌هایی مانند پتاسیم، کلسیم و سدیم در گیاه گندم در شوری‌های مختلف بود.

مواد و روش‌ها

خاک مورد استفاده در این آزمایش از مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد از عمق شخم (۳۰-۰ سانتی‌متر) تهیه و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های این خاک در جدول ۱ آورده شده است. هدایت الکتریکی این خاک کم و برابر با دو دسی‌زیمنس بر متر بود. برای ایجاد سطوح مختلف شوری از آب شور طبیعی با هدایت الکتریکی ده دسی‌زیمنس بر متر استفاده شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک (قبل از شور کردن)

Table 1- Some chemical and physical properties of soil (before salinization)

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Ca ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم K	سدیم Na	فسفر P	نیتروژن کل Total N	آهک $CaCO_3$	کربن آلی OC
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)			(درصد) (%)		
لوم- رسی Clay- loam	7.54	2	9	162	166	12.50	0.04	12.30	0.30

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب شور

Table 2- Chemical properties of saline water

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	پتاسیم K^+	سدیم Na^+	منیزیم Mg^{2+}	کلسیم Ca^{2+}	کلر Cl^-	بیکربنات HCO_3^{-1}	کربنات CO_3^{2-}
		(میلی‌اکی‌والان بر لیتر) ($meq.L^{-1}$)						
6.80	10	9.30	103	16.10	15.40	110	26.60	0

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک (پس از شور کردن)

Table 3- Some chemical properties of soil (after salinization)

سطح شوری Salinity level	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان بر لیتر) Ca ($meq.L^{-1}$)	پتاسیم K	سدیم Na
				(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg.kg^{-1}$)	
سطح اول First level	7.92	2	9	162	166
سطح دوم Second level	7.97	6	19.30	176	375
سطح سوم Third level	7.98	10	29.70	191	709

از هر نمونه خاک با شوری مختلف تعداد ۱۲ گلدان یک کیلوگرمی تهیه شد. سپس تعداد پنج گیاهچه گندم رقم پیشتاز (قبلاً بذرهای گندم با هیپوکلرید سدیم سه درصد ضدعفونی و سپس بر روی آب آگار جوانه‌دار شده بودند) داخل هر یک از گلدان‌ها کشت شدند. البته قبل از کشت، گیاهچه‌ها با سوسپانسیون هر یک از باکتری‌ها تلقیح شدند. گیاهان در طی دوره رشد با آب مقطر آبیاری شدند و رطوبت گلدان‌ها در ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه به روش وزنی حفظ شد. سپس گیاهان پس از چهار هفته برداشت شدند.

باکتری‌های استفاده شده در این تحقیق از کلکسیون بیولوژی خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و روی محیط کشت YEMA[1] بازکشت شدند. سپس باکتری‌ها روی محیط کشت YEMB[2] تا مرحله فاز ثابت با چگالی نوری ۰/۸ رشد داده شدند. به منظور تلقیح، بذرهای جوانه‌دار درون ظروف پتری با مایه تلقیح آغشته و به مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته شدند.

آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل، با چهار سطح باکتری شامل *سینوریزوبیوم ملیلوتی* (*Sinorhizobium meliloti*) (B_1)، *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* (*Bradyrhizobium japonicum*) (B_2) و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* (*Rhizobium legominozarum*) (B_3) و شاهد بدون باکتری (B_0) و سه سطح شوری دو (S_1)، شش (S_2) و ده (S_3) دسی‌زیمنس بر متر در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با میانگین دمای روزانه و شبانه ۳۰ و ۲۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت چهار هفته انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند. وزن خشک ریشه و شاخساره اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری غلظت عناصر از روش هضم تر (Richards, 1954) استفاده شد. سدیم و پتاسیم با دستگاه شعله‌سنج و کلسیم با دستگاه جذب اتمی مدل شیمادزو- ۶۷۰ قرائت گردید. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به وسیله نرم‌افزار Mstat-C با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و سطح اطمینان پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نمونه‌ها نشان داد که شوری و تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* و برهمکنش آن‌ها بر وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

به منظور تهیه نمونه‌های خاک با شوری‌های مختلف، مقدار ۱۸ کیلوگرم از این خاک در سه گلدان شش کیلوگرمی به طور مساوی توزیع شد. یکی از گلدان‌ها با همان شوری اولیه به عنوان اولین سطح شوری در نظر گرفته شد و سپس دو گلدان دیگر با مقادیر مختلف آب شور که از چشمه‌ای واقع در روستای امان‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب مشهد) تهیه شده بود، آبیاری شدند. شوری خاک به طور متناوب پایش و پس از حصول شوری‌های شش و ده دسی‌زیمنس بر متر، خاک‌ها مجدداً هوا خشک و از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. خصوصیات آب شور اولیه و خصوصیات خاک‌ها پس از شور شدن به ترتیب در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که با افزایش شوری خاک وزن خشک شاخساره و ریشه کاهش یافت. البته میزان کاهش در سطح دوم شوری (S_2) با هدایت الکتریکی شش دسی‌زیمنس بر متر در

1- Yeast extract mannitol agar
2- Yeast extract mannitol broth

مقایسه با تیمار S_1 از نظر آماری معنی‌دار نبود.

جدول ٤- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه و ریشه گندم تلقیح شده با باکتری‌های *ریزوبیوم* در خاک‌هایی با شوری متفاوت

Table 4- Analysis of variance for shoot and root dry weights of wheat inoculated with rhizobia in different soil salinities

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن خشک شاخساره Shoot dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight
شوری Salinity	2	0.073**	0.01**
باکتری Bacteria	3	0.008**	0.007**
شوری × باکتری Salinity× bacteria	6	0.011**	0.013**
خطا Error	24	0.001	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.73	11.42

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at 1% probability level

در حالی‌که وزن خشک شاخساره و ریشه در سطح سوم شوری (S_3) با هدایت الکتریکی ده دسی‌زیمنس بر متر از نظر آماری کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به تیمار S_1 نشان داد (جدول ۵). در پژوهش‌های دیگری نیز کاهش وزن خشک در اثر افزایش شوری گزارش شده است (Hadi et al., 2008; Zabihi et al., 2009; Abdolzadeh & Saffarie, 2004). یکی از دلایلی که برای این کاهش عنوان گردیده کاهش جذب آب و عناصر غذایی به دلیل بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاهان زیر تنش شوری است (Zabihi et al., 2009).

تأثیر تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر وزن خشک شاخساره و ریشه در سطوح مختلف شوری خاک در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به نتایج به دست آمده در خاک با هدایت الکتریکی دو دسی‌زیمنس بر متر تلقیح با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باعث بیشترین افزایش در وزن خشک شاخساره و ریشه (به ترتیب ۱۵/۹ و ۷۴/۹ درصد) نسبت به شاهد (B_0) شد، اما در شوری‌های سطح دوم و سوم بیشترین مقدار وزن خشک شاخساره در تلقیح با باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* به دست آمد (به ترتیب ۱۹/۴ و ۱۳/۷ درصد افزایش نسبت به شاهد). در مورد ریشه نیز در این شوری‌ها، باکتری *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* به ترتیب با ۶۰/۳ و ۶۰/۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین مقدار وزن خشک را ایجاد کرد که تفاوت معنی‌دار با تلقیح با *ریزوبیوم لگومینوزاروم* نداشت. باکتری‌های *ریزوبیوم* می‌توانند ریزوسفر ریشه گیاهان غیر لگوم را کلونیزه کنند و مانند باکتری‌های PGPR[1] عمل کرده و از راه‌های مختلفی مانند زیست‌ساخت هورمون‌های گیاهی و ویتامین‌ها، افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها، تولید آنزیم ACC[2] دآمیناز، کنترل پاتوژن‌های گیاهی، توان حل‌کنندگی فسفات، تولید سیدروفور و همچنین افزایش جذب عناصر غذایی موجب افزایش رشد ریشه شوند و در نتیجه رشد گیاه را بهبود بخشند و بنابراین به گیاه در تحمل شرایط تنش کمک می‌کنند (Mehboob et al., 2009; Ramezanian Bajgiran, 2005).

تأثیر شوری خاک بر غلظت عناصر در گیاه

با افزایش شوری خاک غلظت یون کلسیم شاخساره کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) در هر دو سطوح شوری S_2 و S_3 نسبت به تیمار S_1 پیدا کرد (جدول ۶). این نتیجه با مشاهدات سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Hu & Schmidhalter, 1997; Hadi et al., 2008; Hossain et al., 2006). در خاک‌های شور غلظت کلسیم معمولاً با افزایش غلظت کل نمک‌ها افزایش پیدا می‌کند (جدول ۳)، اما جذب کلسیم از محلول خاک به علت واکنش‌های یونی، رسوب و افزایش قدرت یونی که معمولاً با کاهش فعالیت یون Ca^{2+} همراه است، کاهش می‌یابد (Hu & Schmidhalter, 2005; Pessarakli,

1- Plant growth promoting rhizobacteria

2- Aminocycli- propane 1- Carboxylic acid

.(1999

جدول ۵- برهمکنش سطوح شوری و تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر وزن خشک شاخساره و ریشه

Table 5- Interaction of salinity levels and rhizobial bacteria inoculation on shoot and root dry weight

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	وزن خشک شاخساره (گرم در گلدان) Shoot dry weight (g.pot^{-1})				
S_1	0.650^{bcd}	0.753^{a}	0.671^{bc}	0.648^{bcd}	0.680^{A}
S_2	0.633^{bcd}	0.593^{d}	0.684^{b}	0.756^{a}	0.666^{A}
S_3	0.529^{e}	0.504^{e}	0.509^{e}	0.613^{cd}	0.539^{B}
میانگین Mean	**0.604^{B}**	**0.616^{B}**	**0.621^{B}**	**0.672^{A}**	
	وزن خشک ریشه (گرم در گلدان) Root dry weight (g.pot^{-1})				
S_1	0.202^{def}	0.353^{a}	0.226^{de}	0.185^{ef}	0.241^{A}
S_2	0.180^{ef}	0.195^{def}	0.300^{ab}	0.289^{bc}	0.241^{A}
S_3	0.155^{f}	0.16^{f}	0.249^{bcd}	0.235^{cde}	0.200^{B}
میانگین Mean	**0.179^{B}**	**0.236^{A}**	**0.258^{A}**	**0.236^{A}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

جدول ٦- برهمکنش شوری و تلقیح باکتری برغلظت کلسیم شاخساره گندم

Table 6- Interaction of salinity and rhizobial bacteria inoculation on calcium concentration in wheat shoot

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	غلظت کلسیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot Ca concentration (mg.g^{-1} dry matter)				
S_1	6.33^{c}	6.70^{b}	6.84^{b}	7.04^{a}	6.73^{A}
S_2	6.23^{c}	6.02^{d}	6.01^{d}	6.73^{b}	6.25^{B}
S_3	5.79^{e}	5.79^{e}	5.49^{f}	6.04^{d}	5.75^{C}
میانگین Mean	**6.12^{B}**	**6.14^{B}**	**6.11^{B}**	**6.60^{A}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

غلظت پتاسیم شاخساره با افزایش شوری روند کاهشی داشت که این کاهش نسبت به تیمار S_1 معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود (جدول ۷). نتایج بسیاری از تحقیق‌ها کاهش غلظت پتاسیم در گیاهانی که در شرایط شوری رشد می‌کنند را تأیید می‌کند (Hadi et al., 2008; Hossain et al., 2006; Abdolzadeh & Saffarie, 2004). کاهش غلظت یون پتاسیم در شاخساره گیاه گندم به دلیل افزایش غلظت سدیم خاک در نتیجه تنش شوری و رقابت یون پتاسیم با این یون برای جذب به وسیله گیاه می‌باشد، زیرا رابطه آنتاگونیستی بین این دو یون در جذب توسط گیاه وجود دارد (Khan et al., 2009; Kafi et al., 2009).

بر خلاف کلسیم و پتاسیم، با افزایش شوری خاک میانگین غلظت سدیم شاخساره افزایش معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) نسبت به شاهد یافت (جدول ۷). افزایش غلظت سدیم در بافت‌های گیاهی یکی از نتایج اولیه تنش شوری است (Hadi et al., 2008). با افزایش شوری خاک نسبت Na/K در محلول خاک و به دنبال آن جذب سدیم به وسیله گیاه افزایش می‌یابد (Kafi et al., 2009). این نتیجه با یافته-

های سایر پژوهشگران نیز مطابقت دارد (Mayak et al., 2004; Yao et al., 2010). یکی از معیارهای فیزیولوژیکی که برای مقاومت به شوری در نظر گرفته می‌شود نسبت K/Na است و این نسبت می‌تواند به عنوان شاخصی برای مقاومت به شوری در گیاهان به ویژه غلات که نقش زیادی در تأمین غذای جمعیت رو به رشد بشر دارند در نظر گرفته شود (Morant Manceau et al., 2004). بر اساس نتایج به دست آمده (جدول ۷) افزایش شوری خاک سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) این نسبت در شاخساره گیاه گندم شد که این می‌تواند نشان‌دهنده کاهش مقاومت گیاهان به تنش شوری باشد.

تأثیر تلقیح باکتری‌ها بر غلظت عناصر در گیاه

تأثیر تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* بر غلظت عناصر کلسیم، پتاسیم و سدیم و همچنین نسبت K/Na در شاخساره گیاه گندم، در سطوح مختلف شوری خاک در جدول‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. بر اساس این نتایج، تلقیح باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* (B_3) در هر سه سطح شوری سبب افزایش معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) میانگین غلظت کلسیم شاخساره نسبت به تیمار شاهد (B_0) شد. افزایش غلظت کلسیم در گیاهان تلقیح شده می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت باکتری‌ها بر رشد گیاه و افزایش توان گیاه در جذب عناصر غذایی باشد (Han & Lee, 2005). نتایج آزمایش وو (Wu, 2009) که در شرایط شور انجام شد نشان داد که آزمایشی در مزرعه که تلقیح باکتری *سودوموناس* سبب افزایش ۶۰ درصدی غلظت کلسیم در بافت گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) شد. همچنین بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) گزارش کردند که تلقیح باکتری‌های *سودوموناس* و *ریزوبیوم* غلظت کلسیم را در برگ‌های گیاه ذرت در شرایط تنش شوری افزایش داد، اما خودیر و همکاران (Khodair et al., 2008) و اشرف و همکاران (Ashraf et al., 2006) پس از تلقیح گیاه گندم با باکتری‌های تولید کننده پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای کاهش غلظت کلسیم را در شاخساره مشاهده کردند و علت این کاهش را پیوند کلسیم با پلی‌ساکارید برون‌یاخته‌ای این باکتری‌ها در خاک ریزوسفر اعلام کردند.

جدول ۷- برهمکنش شوری و تلقیح باکتری برغلظت پتاسیم، سدیم و نسبت K/Na در شاخساره

Table 7- Interaction of salinity and rhizobial bacteria inoculation on concentration of potassium, sodium and K/Na ratio in wheat shoot

سطح شوری خاک Levels of soil salinity	سطح تلقیح باکتری Levels of bacterial inoculation				میانگین Mean
	B_0	B_1	B_2	B_3	
	غلظت پتاسیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot K concentration (mg.g $^{-1}$ dry matter)				
S_1	70.75^{bc}	75.77^{a}	71.46^{b}	71.49^{b}	72.32^{A}
S_2	65.88^{e}	64.13^{f}	68.54^{d}	68.88^{cd}	66.86^{B}
S_3	56.72^{h}	56.48^{h}	57.64^{h}	60.41^{g}	57.81^{C}
میانگین Mean	**64.39^{C}**	**65.46^{B}**	**65.88^{B}**	**66.93^{A}**	
	غلظت سدیم شاخساره (میلی‌گرم در گرم ماده خشک) Shoot Na concentration (mg.g $^{-1}$ dry matter)				
S_1	1.41^{i}	1.08^{g}	1.53^{i}	1.64^{i}	1.41^{C}
S_2	2.41^{d}	2.39^{d}	2.06^{e}	2.01^{e}	2.22^{B}
S_3	3.89^{a}	3.73^{a}	3.25^{b}	2.90^{c}	3.44^{A}
میانگین Mean	**2.57^{A}**	**2.40^{B}**	**2.28^{BC}**	**2.18^{C}**	
	نسبت K/Na شاخساره Shoot K/Na ratio				
S_1	50.4^{b}	70.3^{a}	46.8^{c}	43.7^{c}	52.8^{A}
S_2	27.4^{e}	26.9^{e}	33.5^{d}	34.4^{d}	30.5^{B}
S_3	14.6^{g}	15.2^{g}	17.7^{fg}	21.1^{f}	17.2^{C}
میانگین Mean	**30.8^{C}**	**37.4^{A}**	**32.7^{BC}**	**33.1^{B}**	

حروف بزرگ و کوچک به ترتیب اثرات اصلی و متقابل را نشان می‌دهند. میانگین‌های دارای حروف مشابه در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

Uppercases and lowercases show the main and interaction effects respectively. Means with the same cases show no significant differences at 5% probability level using Duncan test.

اگر چه باکتری‌ها در شوری‌های مختلف به گونه‌ای متفاوت عمل کردند، ولی تلقیح باکتری‌ها در سطوح مختلف شوری خاک سبب افزایش غلظت پتاسیم شاخساره نسبت به تیمار بدون تلقیح شد (جدول ۷). بیشترین میانگین غلظت پتاسیم شاخساره مربوط به باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و شوری S_1 (دو دسی‌زیمنس بر متر) بود. بدین‌ترتیب، به نظر می‌رسد که مؤثرترین باکتری در این شوری باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* بوده است، در حالی‌که در شوری‌های S_2 (شش دسی‌زیمنس بر متر) و S_3 (ده دسی‌زیمنس بر متر) تلقیح باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* بیشترین غلظت پتاسیم را در شاخساره گیاه گندم ایجاد کرد. احتمالاً مکانیسمی که باعث این افزایش شده است نقش مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR[1]) بوده که با تولید هورمون‌های گیاهی سبب توسعه سیستم ریشه و افزایش جذب می‌شوند (Rasipour & Ali Asgharzade, 2007). افزایش غلظت پتاسیم در گیاه ذرت تلقیح شده با باکتری‌های *سودوموناس و ریزوبیوم* در خاک شور به وسیله بانو و فاطیما (Bano & Fatima, 2009) گزارش شده است.

با توجه به جدول ۷ با افزایش شوری خاک میانگین غلظت سدیم شاخساره نیز افزایش یافت، اما تلقیح باکتری‌ها تا حدودی از تأثیر شوری بر افزایش غلظت سدیم کاسته است و غلظت سدیم را نسبت به تیمار بدون تلقیح به طور معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) کاهش داده است. به این صورت که در خاک با شوری S_1، *سینوریزوبیوم ملیلوتی* باکتری مؤثر در کاهش غلظت سدیم در گیاه بود (۲۳/۳ درصد کاهش نسبت به شاهد)، اما با افزایش شوری خاک این باکتری تأثیری بر غلظت سدیم شاخساره نداشت. در حالی‌که باکتری‌های *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* سبب کاهش معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) میانگین غلظت سدیم در شوری‌های S_2 و S_3 شدند. مقدار کاهش غلظت سدیم در نتیجه تلقیح با باکتری‌های *بردی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* و *ریزوبیوم لگومینوزاروم* به ترتیب ۱۴/۶ و ۱۶/۵ درصد در شوری S_2 و ۱۶/۴ و ۲۵/۵ درصد در شوری S_3 بود. باکتری‌های PGPR یون‌های معدنی به ویژه سدیم را در ریشه نگه می‌دارند و از انتقال آن‌ها به اندام هوایی گیاه جلوگیری می‌کنند (Yildirim et al., 2008). همچنین تولید پلی‌ساکاریدهای برون‌یاخته‌ای به وسیله باکتری‌های تلقیح شده در ریزوسفر سبب افزایش خاکدانه‌سازی در این ناحیه می‌شود و بخش بزرگتری از ریشه با پوسته‌های خاک پوشانده می‌شود که به این دلیل جریان غیرفعال سدیم به سمت استوانه مرکزی که از مسیر آپوپلاسمی صورت می‌گیرد کاهش می‌یابد (Ashraf et al., 2004; Khodair et al., 2008).

نسبت K/Na شاخساره در گیاهان تلقیح شده به گونه‌ای معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) نسبت به گیاهان تلقیح نشده افزایش یافت (جدول ۷). بالاترین نسبت K/Na شاخساره در گیاهان تلقیح شده با باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* در شوری S_1 مشاهده شد، اما با افزایش شوری خاک تأثیر این باکتری در افزایش نسبت K/Na کاهش یافت به طوری‌که در شوری‌های S_2 و S_3 نسبت K/Na در این تیمار تفاوت معنی‌داری با تیمار بدون تلقیح نداشت، اما در شوری‌های S_2 و S_3 باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* مؤثرترین باکتری در افزایش نسبت K/Na بود. با توجه به این‌که تیمارهایی که نسبت K/Na بالاتری داشتند، وزن خشک بیشتری نیز نشان دادند، به طوری‌که با افزایش این نسبت مقاومت گیاه گندم به شوری افزایش پیدا کرده است.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش با افزایش شوری خاک، وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت Ca، K و نسبت K/Na شاخساره کاهش یافت. همچنین غلظت سدیم شاخساره افزایش یافت. تلقیح باکتری‌های *ریزوبیوم* تأثیر منفی شوری بر صفت‌های گفته شده را کاهش داد. طبق نتایج بالاترین وزن خشک ریشه و شاخساره، غلظت پتاسیم و نسبت K/Na شاخساره در خاک با هدایت الکتریکی دو دسی‌زیمنس بر متر مربوط به تیمار باکتری *سینوریزوبیوم ملیلوتی* و در خاک‌های با هدایت الکتریکی شش و ده دسی‌زیمنس بر متر، مربوط به باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* بود. همچنین باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در تمام سطوح شوری بالاترین غلظت کلسیم را در شاخساره نسبت به شاهد ایجاد کرد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که از میان باکتری‌های مورد آزمایش باکتری *ریزوبیوم لگومینوزاروم* در خاک‌های شور به طور مؤثرتری آثار منفی شوری بر گیاه را کاهش می‌دهد و سبب ایجاد مقاومت بیشتری به شوری در گیاه گندم می‌شود.

1- Plant growth promoting rhizobacteria

منابع

Abdolzadeh, A., and Saffarie, N. 2004. Study of salinity effect on growth and accumulation ions in promissing wheat (*Triticum aestivum*) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 114-127. (In Persian with English Summary)

Ashraf, M., Hasnain, S., and Berge, O. 2006. Effect of exo-polysaccharides producing bacterial inoculation on growth of roots of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in a salt-affected soil. International Journal of Environmental Technology and Management 3(1): 43-51.

Ashraf, M., Hasnain, S., Berge, O., and Mahmood, T. 2004. Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress. Biology and Fertility of Soils 40: 157-162.

Bano, A., and Fatima, M. 2009. Salt tolerance in (*Zea mays* L.) following inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas*. Biology and Fertility of Soils 45: 405-413.

Hadi, M.R., Khosh Kholgh Sima, N.A., Khavarinejad, R., and Kiyam Nekoie, S.M. 2008. The effect of elements accumulation on salinity tolerance in seven genotype durum wheat (*Triticum turgidum* L.) collected from the Middle East. Iranian Journal of Biology 21(2): 326-340. (In Persian with English Summary)

Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.

Hossain, A.A., Halim, M.A., Hossain, F., and Meher Niger, M.A. 2006. Effect of NaCl salinity on physiological characters of wheat (*Triticum aestivum* L.). Bangladesh Journal of Botany 35(1): 9-15.

Hu, Y., and Schmidhalter, U. 1997. Interactive effect of salinity and macronutrient level on wheat. II. Composition. Journal of Plant Nutrition 20(9): 1169-1182.

Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2005. Drought and salinity: A comparison of their effects on mineral nutrition of plants. Journal of Plant Nutrition of Soil Science 168: 541-549.

Kafi, M., Borzoee, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plant. Mashhad Academic Jihad Press, Mashhad, Iran 504 pp. (In Persian)

Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Sharif, H.R., and Goldani, M. 2000. Plant Physiology. Mashhad Academic Jihad Press, Mashhad, Iran 365 pp. (In Persian)

Khan, M.A., Shirazi, M.U., Khan, M.A., Mujtaba, S.M., Islam, E., Mumtaz, S., Shereen, A., Ansari, R.U., and Yasin Ashraf, M. 2009. Role of proline, K/Na ratio and chlorophyll content in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 41(2): 633-638.

Khodair, T.A., Galal, G.F., and El-Tayeb, T.S. 2008. Effect of inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide-producing bacteria in saline soil. Journal of Applied Sciences Research 4(12): 2065-2070.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.

Mehboob, I., Naveed, M., and Zahir, Z.A. 2009. Rhizobial association with non-legumes: mechanisms and applications. Critical Reviews in Plant Science 28: 432-456.

Morant Manceau, A., Pradier, E., and Tremblin, G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology 161: 25-33.

Nadeem, S.M., Zahir, Z.A., Naveed, M., Arshad, M., and Shahzad, S.M. 2006. Variation in growth and ion uptake of maize due to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria under salt stress. Soil and Environment 25(2): 78-84.

Pessarakli, M. 1999. Hand Book of Plant and Crop Stress. 2nd Ed. CRC Press. 1254 pp.

Ramezanian Bajgiran, A. 2005. The role of ACC deaminase containing Rhizobia in reducing bad effects of stress ethylene in wheat plant. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Rasipour, L., and Ali Asgharzade, N. 2007. Interaction effects of phosphate solubilizing bacteria and (*Bradyrhizobium japonicum*) on growth indexes, nodulation and uptake of some nutrients in soybean. Journal of

Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 40: 53-63. (In Persian with English Summary)

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA Agriculture hand book. No. 60. Washington.

Wu, S.S. 2009. Enhanced phytoremediation of salt impacted soils using plant growth promoting rhizobacteria (PGPR). MSc Thesis, University of Waterloo, Canada.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by *Pseudomonas putida* Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49-54.

Yildirim, E., Taylor, A.G., and Spittler, T.D. 2006. Ameliorative effects of biological treatments on growth of squash plants under salt stress. Scientia Horticulturae 111: 1-6.

Yildirim, E., Turan, M., and Donmez, M. 2008. Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus sativus* L.) by plant growth promoting rhizobacteria. Rumanian Biotechnological Letters 13(5): 3933-3943.

Zabihi, H.R., Savaghebi, G.R., Khavazi, K., and Ganjali, A. 2009. Effect of application of *Pseudomonas fluorescents* on yield and yield components of wheat under different soil salinity levels. Journal of Water and Soil 23(1): 199-208. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 156-167

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۶۷-۱۵۶

اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف کرچک (*Rricinus communis* L.) در کاهش جوانه‌زنی بذرها و رشد گیاهچه‌های سس (*Cuscuta campestris* Yuncker)

سید محمد سیدی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، روشنک شهریاری[۱] و مسعود آزاد[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۳/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۳

چکیده

کرچک (*Rricinus communis* L.) یک گیاه سمی می‌باشد که از پتانسیل کافی جهت کاربرد در علف‌کش‌های زیستی برخوردار است. به منظور بررسی اثرات دگرآسیبی اندام‌های کرچک بر جوانه‌زنی و رشد گیاه سس (*Cuscuta campestris* Yuncker)، سه آزمایش جداگانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۸۹-۱۳۸۸ اجرا شد. آزمایش اول دارای دو عامل اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در ۱۱ سطح (صفر، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت، هشت، نه و ده درصد) در پتری‌دیش، آزمایش دوم دارای دو عامل اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و غلظت‌های عصاره آبی در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) در گلدان و آزمایش سوم دارای دو عامل بقایای اندام‌های کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و دوره‌های پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز شاهد) بود. نتایج آزمایش اول و دوم نشان داد که عصاره‌های آبی اثر معنی‌داری بر وزن خشک، طول گیاهچه و جوانه‌زنی سس داشتند. همچنین دوره‌های پوسیدگی اثر معنی‌داری را بر این صفات نشان دادند. در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر این صفات داشت، به طوری‌که در دوره‌های صفر تا ۴۵ روز پوسیدگی به طور کامل از سبز شدن سس جلوگیری کرد. با توجه به این‌که کنترل این علف‌هرز انگلی تنها به وسیله رهیافت‌های تلفیقی مدیریت علف‌های‌هرز در دراز مدت امکان‌پذیر است، استفاده از توانایی آللوپاتی کرچک می‌تواند به عنوان یک رهیافت در این سیستم‌های مدیریتی مطرح باشد.

واژه‌های کلیدی: برگ، دوره‌های پوسیدگی، ریشه، ساقه، علف‌هرز انگل، مواد دگرآسیب

مقدمه

سس با نام علمی *Cuscutsa campestris* Yuncker گیاهی است یک‌ساله که به خانواده پیچک (Cuscutaceae) تعلق دارد. سس یک گیاه انگل غیراختصاصی[۳] روی سطح خاک است که از طریق اندام‌های مکنده خود به بافت‌ها و سیستم آوندی گیاه میزبان نفوذ کرده و به علت بهره‌برداری از آب، مواد معدنی و مواد فتوسنتزی، باعث کاهش رشد گیاه میزبان شده (Lanini & Kogan, 2005; Nadler-Hassar & Rubin, 2007) و بسته به گیاه میزبان می‌تواند عملکرد آن را بین ۳۰ تا ۵۰ درصد کاهش دهد (Rashed Mohasel et al., 2002). به دلیل ماهیت اتصال و ارتباط سس با گیاه میزبان، کنترل کامل سس با روش‌های شیمیایی به ندرت امکان‌پذیر است (Lanini & Kogan, 2005). همچنین به دلیل افزایش نگرانی‌های محیطی در استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی، تلاش‌های قابل ملاحظه‌ای در طراحی روش مدیریت جایگزین علف‌های‌هرز شکل گرفته است (Bhowmik & Inderjit, 2003; Gliessman, 2001). بر این اساس با توجه به مشکلاتی که علف‌کش‌های شیمیایی در کنترل علف‌های‌هرز به همراه دارند، استفاده از توانایی دگرآسیبی گیاهان زراعی به عنوان روش جایگزین شناخته می‌شود (Gliessman, 2001).

دگرآسیبی یکی از روابط مستقیم تداخل بین گیاهان بوده

۱ و ۲- به ترتیب دانشجویان کارشناسی ارشد و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

3- Holoparasite

(Jarchow & Cook, 2009) و به طور کلی بر اساس تولید ترکیبات بیوشیمیایی پیچیده و سمی بیان می‌شود (Morris et al., 2009). خاصیت دگرآسیبی گیاهان می‌تواند به طوری موفق به عنوان ابزاری جهت کاهش جمعیت علف‌های‌هرز مورد استفاده قرار گیرد (Xuan et al., 2005). با توجه به این‌که نگرانی‌های اکولوژیکی و زیست-محیطی که با مصرف علف‌کش‌های شیمیایی به وجود آمده است، منجر به افزایش توجه به کشاورزی ارگانیک شده است (Narwal, 2010) و همچنین به دلیل عدم استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی در نظام‌های ارگانیک (Wallace, 2001)، معرفی علف‌کش‌های زیستی جهت کنترل علف‌های‌هرز می‌تواند توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را امکان‌پذیر کند (Machado, 2007). بنابراین، روش دگرآسیبی می‌تواند به طور موفق در برنامه‌هایی که بر پایه اصول کشاورزی زیستی طراحی شده‌اند به کار گرفته شود (Roohi et al., 2010; Narwal, 2010).

در راستای نقش و اهمیت دگرآسیبی جهت کنترل علف‌های‌هرز (Bhowmik & Inderjit, 2003)، می‌توان به کرچک (*Rricinus communis* L.) اشاره کرد که از گیاهان سمی بوده و پتانسیل استفاده از سموم آن در علف‌کش‌های زیستی وجود دارد (Mohsenzadeh et al., 2008). ریسین[1] که یک لکتین گیاهی[2] بوده و یکی از مهم‌ترین و کشنده‌ترین سموم گیاهی است که تاکنون شناخته شده است، از جمله مواد دگرآسیبی است که در این گیاه وجود دارد (Doan, 2004; Aslani et al., 2007). محسن‌زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008) گزارش کردند که عصاره برگ و میوه کرچک با غلظت ۲/۵ درصد، به طور معنی‌داری جوانه‌زنی گندم (*Triticum aestivum* L.) و لوبیای چشم بلبلی (*Vigna radiata* L.) را کاهش داد. همچنین این محققین بیان کردند که این عصاره می‌تواند طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم و نیز طول محور زیر لپه و بالای لپه لوبیای چشم بلبلی و نیز وزن خشک آن‌ها را کاهش دهد. از سویی دیگر، این محققین اظهار داشتند که عصاره آبی برگ و میوه کرچک دارای فعالیت‌های ضدقارچی می‌باشد. یوپاسانی و همکاران (Upasani et al., 2003) کرچک را به عنوان یک گیاه دارای فعالیت‌های حشره‌کشی گزارش کردند و این فعالیت‌ها را به فلاونوییدها[3] که از جمله متابولیت‌های ثانویه مهم در این گیاه می‌باشد، نسبت دادند.

بر این اساس، با توجه به پتانسیل گیاه کرچک جهت استفاده در علف‌کش‌های زیستی (Mohsenzadeh et al., 2008) و نیز با توجه به اهمیت سس به عنوان یک علف‌هرز که انگل بسیاری از گیاهان زراعی است (Lanini & Kogan, 2005)، این تحقیق به منظور بررسی اثرات آللوپاتی کرچک بر جوانه‌زنی و رشد این علف‌هرز صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه و بررسی اثرات آللوپاتی اندام‌های مختلف کرچک بر جوانه‌زنی و رشد سس در سه آزمایش جداگانه به شرح زیر و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد.

آزمایش اول: هدف از اجرای این آزمایش و نیز آزمایش دوم بررسی تأثیر عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک در غلظت‌های مختلف بر جوانه‌زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه سس در شرایط کاشت در پتری‌دیش و گلدان بود. عوامل مورد بررسی در این آزمایش، عصاره آبی اندام‌های مختلف کرچک (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل آذین) در ۱۱ سطح (صفر، یک، دو، سه، چهار، پنج، شش، هفت، هشت، نه و ده درصد) بودند. به طور کلی، از آن‌جا که همزمان با شروع مرحله پر شدن دانه، بیشترین غلظت مواد دگرآسیب در اندام‌های هوایی وجود دارد (Orouji et al., 2008)، به منظور تهیه عصاره آبی کرچک، نمونه‌های گیاه مورد نظر در پایان مرحله گلدهی و شروع پر شدن دانه از مزرعه جمع‌آوری شدند. آنالیز خاک مزرعه‌ای که کرچک از آن جمع‌آوری شد در جدول ۱ آمده است:

پس از جمع‌آوری کرچک از مزرعه ابتدا ریشه، ساقه، برگ و نیز گیاه کامل بدون گل‌آذین به صورت جداگانه در سایه و با جریان هوا خشک و سپس آسیاب شدند. به منظور تهیه محلول مادر[4]، ده گرم از پودر هر قسمت از گیاه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و هر شش ساعت به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد.

1- Ricin
2- Plant lectin
3- Flavonoids
4- Stock solution

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک گلدان و خاک مزرعه کرچک

Table 1- Physical and chemical properties of pot and field soils used in experiment

نمونه خاک Soil sample	بافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن (درصد) N (%)
گلدان Pot	لومی- سیلتی Silty-loam	1.86	6.82	0.097	125.55	12.75	0.08
مزرعه Field	لومی- سیلتی Silty-loam	1.1	7.76	0.090	120	0.07	0.07

پس از ۷۲ ساعت محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد و جهت تهیه محلول‌هایی با غلظت‌های صفر درصد، یک درصد، دو درصد، سه درصد، چهار درصد، پنج درصد، شش درصد، هفت درصد، هشت درصد، نه درصد و ده درصد، به ترتیب با نسبت‌های صفر به ده (صفر میلی‌لیتر محلول مادر و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، یک به نه، دو به هشت، سه به هفت، چهار به شش، پنج به پنج، شش به چهار، هفت به سه، هشت به دو، نه به یک و ده به صفر با آب مقطر مخلوط شد. محلول مادر به عنوان غلظت ده درصد و آب مقطر به عنوان شاهد در نظر گرفته شد.

به منظور شکستن خواب بذرهای سس (جوانه‌زنی حدود سه درصد)، این بذرها پس از جمع‌آوری از روی گیاه سیب‌زمینی به عنوان میزبان و جدا کردن بذرهای سالم از توده بذری توسط دستگاه بینی کولار[1]، به مدت ۲۰ دقیقه در اسید سولفوریک غلیظ با غلظت ۹۸ درصد قرار داده شد (درصد جوانه‌زنی پس از اعمال تیمار حدود ۸۳ درصد). چهار میلی‌لیتر از عصاره آبی هر غلظت به صورت جداگانه به پتری‌دیش‌های دارای کاغذ صافی اضافه و سپس تعداد ۲۰ عدد بذر سس در هر یک از آن‌ها کاشته شد. پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند (Benvenuti et al., 2005).

آزمایش دوم: عوامل مورد بررسی در این آزمایش شامل، اندام‌های مختلف کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و عامل دوم آزمایش، غلظت‌های مختلف عصاره آبی هر اندام در پنج سطح (صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) بود. جهت تهیه عصاره‌های آبی با غلظت‌های صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد، محلول‌های اندام‌های مورد نظر همانند آزمایش اول پس از عبور از صافی به ترتیب با نسبت‌های صفر به ده، ۲/۵ به ۷/۵، پنج به پنج، ۷/۵ به ۲/۵ و ده به صفر با آب مقطر مخلوط شد. بذرهای سس پس از جداسازی از توده بذری و شکسته شدن خواب به تعداد ده عدد در هر گلدان کاشته شد و سپس عصاره‌های آبی به تفکیک تیمارها به خاک گلدان‌ها اضافه شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک گلدان‌های مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

آزمایش سوم: این آزمایش با هدف بررسی تأثیر بقایای اندام‌های کرچک بر سبز شدن و رشد گیاهچه سس صورت گرفت. عامل اول این آزمایش، اندام‌های مختلف کرچک در چهار سطح (ریشه، ساقه، برگ و گیاه کامل بدون گل‌آذین) و عامل دوم، دوره‌های مختلف پوسیدگی در هشت سطح (صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی و نیز تیمار شاهد) بود. نمونه‌های گیاهی به طور جداگانه پس از آسیاب به نسبت پنج درصد وزنی با خاک گلدان‌ها مخلوط گردید و بر حسب دوره‌های ذکر شده و تا زمان کاشت گیاهچه‌های سس، این گلدان‌ها در فضای آزاد نگهداری شدند. همچنین به منظور سپری شدن روند طبیعی پوسیدگی، بسته به نیاز آبیاری گلدان‌ها به طور همزمان انجام شد. سپس به منظور اعمال دوره‌های پوسیدگی به ترتیب صفر، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از اضافه کردن بقایا، تعداد ده عدد بذر سس همانند دو آزمایش قبلی پس از جدا کردن توده بذری و شکستن خواب، در گلدان‌ها کاشته شد. تیمار عدم اضافه کردن بقایا به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. گلدان‌های مربوط به آزمایش دوم و سوم در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد آزمایشگاه قرار گرفتند. آبیاری گلدان‌ها بسته به نیاز با آب مقطر انجام شد.

شمارش روزانه بذرهای جوانه‌زده (در آزمایش اول) و سبز شده (آزمایش دوم و سوم) ۲۴ ساعت پس از کاشت بذرها آغاز و تا زمان ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده یا سبز شده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس (تا ۱۳ روز برای آزمایش اول و تا ۱۵ روز برای آزمایش دوم و سوم) به طور مرتب جهت تعیین درصد،

1- Binocular

سرعت و متوسط زمان جوانه‌زنی جهت آزمایش اول و درصد، سرعت و متوسط زمان سبز شدن جهت آزمایش دوم و سوم انجام گرفت. جهت اندازه‌گیری سرعت جوانه‌زنی (یا سبز شدن)[1]، متوسط زمان جوانه‌زنی[2] و متوسط زمان سبز شدن[3] به ترتیب از معادله‌های (۱)، (۲) و (۳) استفاده شد (Roohi et al., 2010; Mattews & Khajeh Hosseini, 2006; Deines et al., 2007; Benvenuti et al., 2005):

معادله (۱)
$$GR\ (or\ Er) = \sum_{i=1}^{n} \frac{ni}{di}$$

Gr (or Er): سرعت جوانه‌زنی یا سبز شدن (یک بر روز)، n_i: تعداد بذرهای جوانه‌زده در اولین روز شمارش، n_n: تعداد بذرهای جوانه‌زده در آخرین روز شمارش، d_i: اولین روز شمارش و d_n: آخرین روز شمارش

معادله (۲)
$$MGT = \frac{\sum_{i=1}^{x} NiTi}{\sum_{i=1} Ni}$$

N: تعداد بذور جدید جوانه زده، T: تعداد روز جوانه‌زنی و MGT: متوسط زمان جوانه‌زنی

معادله (۳)
$$MET = \frac{\sum_{i=1}^{x} NiTi}{\sum_{i=1} Ni}$$

N: تعداد گیاهچه سبز شده، T: تعداد روز سبز شدن و MET: متوسط زمان سبز شدن

طول گیاهچه‌ها با خطکش و وزن خشک آن‌ها پس از آن‌که به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند، با ترازویی با دقت ۰/۰۰۰۱ اندازه‌گیری شدند. همچنین با ثابت شدن تعداد تجمعی بذرهای جوانه‌زده یا سبز شده و قبل از خشک شدن گیاهچه‌های سس در هر سه آزمایش، تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال (گیاهچه‌های فاقد رشد کافی و یا دارای رشد غیرطبیعی) نیز اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌های هر سه آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار MS-Excel انجام گرفت. میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مورد مقایسه قرار گرفتند.

1- Germination or emergence rate
2- Mean germination time
3- Mean emergence time

نتایج و بحث

آزمایش اول: عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر کاهش درصد جوانه‌زنی داشتند (جدول ۲). بیشترین کاهش در درصد جوانه‌زنی در غلظت نه درصد عصاره آبی برگ بود. به طوری‌که میزان جوانه‌زنی را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. بعد از آن غلظت نه درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی ریشه با ۶۰/۰۱ و ۵۶ درصد کاهش نسبت به شاهد، بیشترین تأثیر معنی‌دار و غلظت هشت درصد عصاره آبی برگ با ۱۶ درصد کاهش نسبت به شاهد، کمترین تأثیر معنی‌دار را ایجاد کردند.

کاهش درصد جوانه‌زنی ناشی از مواد دگرآسیب ممکن است به علت اثرات منفی این مواد بر انتقال و حرکت مواد ذخیره‌ای[4] و تولید انرژی در مرحله کاتابولیک[5] جوانه‌زنی باشد. در این ارتباط کوپیدلوسکا و همکاران (Kupidłowska et al., 2006) گزارش کردند که تخریب لیپیدها[6] به وسیله مواد دگرآسیب و در نتیجه عدم تأمین یا تأمین ناکافی کربوهیدرات‌ها[7] و نیز انرژی (ATP)، باعث اختلال در مرحله آنابولیک[8] جوانه‌زنی و در نتیجه کاهش یا شکست جوانه‌زنی می‌شود.

سرعت جوانه‌زنی و میانگین زمان جوانه‌زنی بذر سس نیز تحت تأثیر اندام‌های کرچک قرار گرفت (جدول ۲). غلظت نه درصد عصاره آبی برگ، بیشترین اثر معنی‌دار را بر سرعت و میانگین زمان جوانه‌زنی نشان داد. به طوری‌که سرعت جوانه‌زنی را ۱۰۰ درصد نسبت به شاهد (صفر بذر در روز) کاهش داد. پس از آن غلظت هفت و پنج درصد عصاره آبی برگ به ترتیب با ۶۹/۶ و ۵۷/۲ درصد کاهش، بیشترین اثر معنی‌دار را بر سرعت جوانه‌زنی داشتند. غلظت هفت درصد عصاره آبی ریشه با ۲۹/۹۶ کاهش، کمترین اثر معنی‌دار را بر سرعت جوانه‌زنی ایجاد کرد.

عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر افزایش تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند (جدول ۲). غلظت‌های عصاره آبی گیاه کامل، بیشترین افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) و غلظت‌های عصاره آبی ریشه، کمترین افزایش معنی‌دار (در سطح احتمال یک درصد) را بر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال داشتند.

4- Reserve mobilization
5- Catabolic phase
6- Degeneration of lipids
7- Insufficient carbohydrate supply
8- Anabolic phase

جدول ۲- اثرات عصاره آبی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه گیاه سس در پتری‌دیش

Table 2- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on studied traits of dodder in Petri dishes

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز) Germination rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)
R-0*	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
R-1	0.34^{l}	$63.33^{cdefghi}$	$3.85^{cdefghij}$	$3.95^{bcdefghi}$
R-2	0.68^{kl}	68.33^{bcdefg}	5.83^{a}	2.81^{j}
R-3	0.68^{kl}	53.33^{hijk}	$3.05^{hijklmn}$	4.18^{bcdefg}
R-4	1.68^{ijk}	$63.33^{cdefghi}$	4.31^{bcdefg}	3.40^{ghij}
R-5	0.01^{l}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.87^{cdefghij}$	$3.90^{cdefghi}$
R-6	3.34^{fgh}	78.33^{ab}	4.61^{bcd}	$3.91^{cdefghi}$
R-7	0.01^{l}	56.67^{fghij}	$3.17^{fghijklmn}$	4.22^{bcdefg}
R-8	2.68^{l}	61.67^{defghi}	$3.94^{cdefghi}$	$3.82^{defghij}$
R-9	1.34^{jkl}	53.33^{hijk}	2.59^{jklmn}	4.71^{bcd}
R-10	4.68^{de}	36.67^{m}	2.44^{klmno}	3.28^{ghij}
S-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
S-1	0.34^{l}	78.33^{ab}	5.31^{ab}	$3.71^{defghij}$
S-2	3.01^{gh}	$65.00^{bcdefgh}$	4.63^{bcd}	3.24^{ghij}
S-3	2.34^{hij}	71.67^{abcde}	4.54^{bcd}	4.24^{bcdefg}
S-4	3.01^{gh}	73.33^{abcde}	4.84^{abc}	3.44^{efghij}
S-5	2.68^{ghi}	60.00^{efghi}	4.42^{bcdef}	3.04^{hij}
S-6	3.34^{fgh}	50.00^{ijkl}	$2.91^{hijklmn}$	$3.99^{bcdefgh}$
S-7	3.34^{fgh}	56.67^{fghij}	$4.20^{bcdefgh}$	2.93^{ij}
S-8	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	$4.02^{bcdefgh}$	3.54^{efghij}
S-9	4.01^{efg}	33.33^{m}	2.13^{mno}	3.53^{efghij}
S-10	3.68^{efgh}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.22^{efghijklm}$	4.15^{bcdefg}
L-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
L-1	1.01^{kl}	61.67^{defghi}	4.71^{abcd}	2.78^{j}
L-2	1.01^{kl}	51.67^{hijkl}	$3.42^{efghijkl}$	3.32^{ghij}
L-3	1.34^{jkl}	55.00^{ghijk}	$3.49^{efghijkl}$	3.52^{efghij}
L-4	1.68^{ijk}	61.67^{defghi}	$3.59^{efghijk}$	$4.07^{bcdefgh}$
L-5	3.68^{efgh}	43.33^{klm}	1.93^{no}	4.64^{bcd}
L-6	3.68^{efgh}	76.67^{abc}	5.30^{ab}	3.08^{hij}
L-7	3.68^{efgh}	40.00^{lm}	1.37^{o}	6.10^{a}
L-8	4.34^{ef}	70.00^{bcdef}	4.43^{bcdef}	3.52^{efghij}
L-9	0.01^{l}	0.00^{n}	0.00^{p}	0.00^{k}
L-10	6.34^{bc}	$65.00^{bcdefgh}$	4.33^{bcdefg}	3.46^{efghij}
T-0	0.01^{l}	83.33^{a}	4.50^{bcde}	4.67^{bcd}
T-1	0.68^{kl}	61.67^{defghi}	$3.83^{cdefghij}$	$3.71^{defghij}$
T-2	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	4.42^{bcdef}	3.32^{ghij}
T-3	3.34^{fgh}	$65.00^{bcdefgh}$	3.90^{cdeghi}	$4.01^{bcdefgh}$
T-4	2.68^{ghi}	$65.00^{bcdefgh}$	$4.07^{bcdefgh}$	3.53^{efghij}
T-5	4.34^{ef}	45.00^{jklm}	2.47^{klmno}	4.26^{bcdefg}
T-6	7.01^{b}	73.33^{abcde}	$3.76^{cdefghij}$	4.41^{bcdef}
T-7	8.34^{a}	$65.00^{bcdefgh}$	$3.45^{defghijkl}$	4.47^{bcde}
T-8	6.01^{bc}	75.00^{abcd}	$3.76^{cdefghij}$	4.49^{bcde}
T-9	5.68^{cd}	51.67^{hijkl}	2.29^{lmno}	4.99^{b}
T-10	6.68^{bc}	61.67^{defghi}	2.70^{ijklmn}	4.89^{bc}

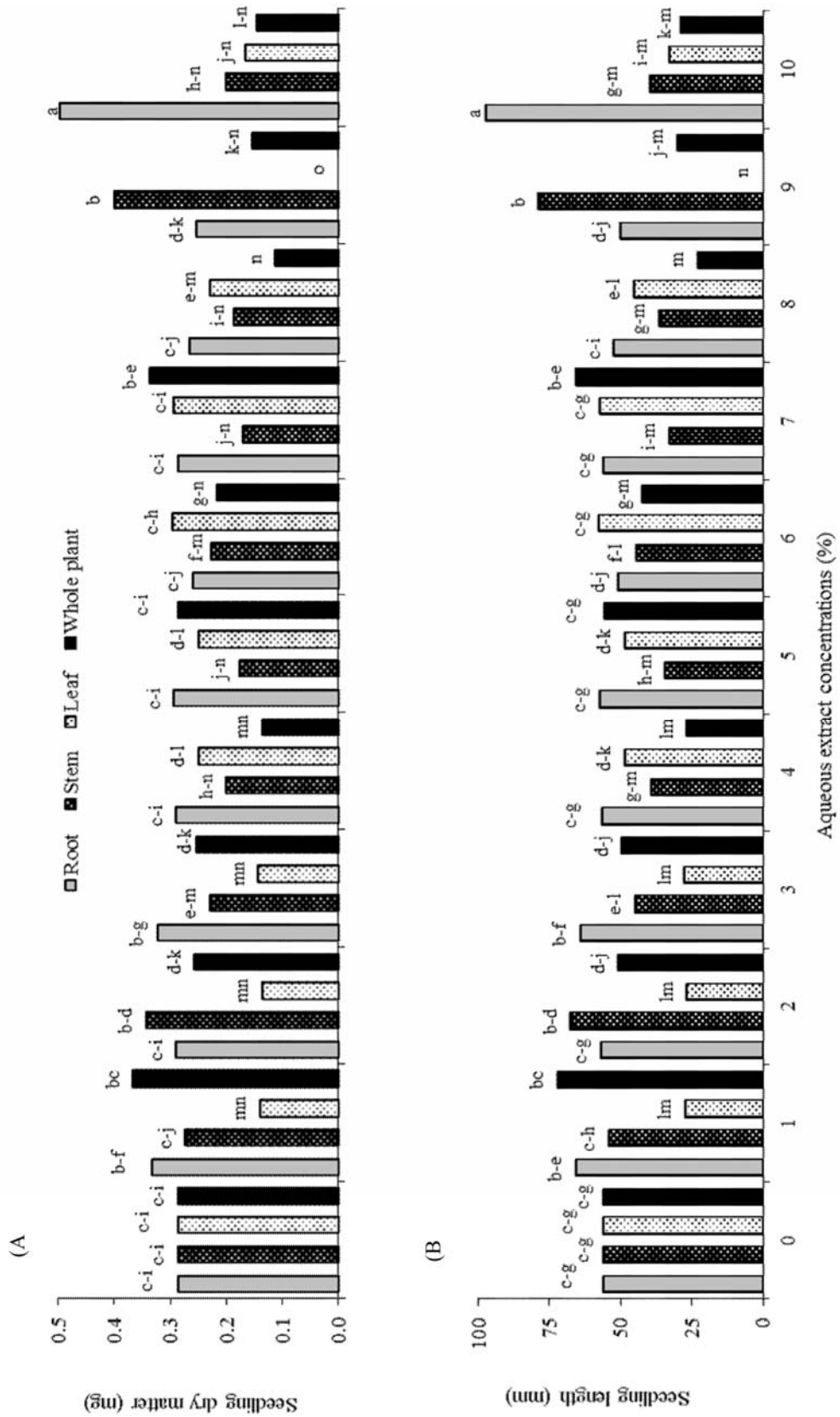
در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ده: عصاره‌های آبی در سطح صفر تا ده درصد

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 10%

در بین تیمارهای این آزمایش، غلظت هفت درصد گیاه کامل با ۸۳۴ بیشترین و غلظت چهار درصد ریشه و برگ با ۱۶۸ درصد کمترین افزایش معنی‌دار را نسبت به شاهد ایجاد کردند.



شکل ۱- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در پتری‌دیش B)

Fig. 1- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in Petri dishes (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

غلظت‌های مختلف عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری را در کاهش وزن خشک گیاهچه‌های سس نشان دادند. در بین غلظت‌های اندام‌های مختلف، غلظت نه درصد عصاره آبی برگ با کاهش ۱۰۰ درصدی در وزن خشک و طول گیاهچه سس، بیشترین اثر معنی‌دار را بر این دو صفت دارا بود (شکل۱: الف و ب). نکته قابل ملاحظه در این مورد آن بود که غلظت نه درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی ریشه منجر به افزایش معنی‌دار وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس نسبت به شاهد شدند. در این ارتباط محسن-زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008)، اثرات معنی‌دار عصاره آبی برگ و میوه کرچک را بر طول ریشه و ساقه‌چه گندم و نیز بر طول محور زیر لپه و بالای لپه لوبیای چشم بلبلی و نیز بر وزن خشک آن‌ها مشاهده کردند. این محققان در همه موارد، اثرات برگ را بیش از اثرات میوه گزارش کردند.

آزمایش دوم: عصاره آبی اندام‌های مختلف کرچک اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن، سرعت سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن سس داشتند (جدول ۳). در بین عصاره‌های آبی اندام‌های کرچک، عصاره حاصل از ساقه، برگ، گیاه کامل و ریشه به ترتیب بیشترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد سبز شدن این علف‌هرز نشان دادند. علت این امر می‌تواند این باشد که گیاه کرچک در مرحله پر شدن دانه برداشت شد. از آن‌جایی که در این مرحله به علت آن‌که گل‌ها به عنوان یک مقصد[1] قوی‌تر مواد آللوشیمیایی عمل می‌کنند، سبب کاهش غلظت این مواد در اندام ریشه و حرکت بیشتر این مواد به سمت اندام‌های هوایی می‌شوند (Orouji et al., 2008). غلظت ۷/۵ درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی برگ با ۷۴/۰۸ درصد کاهش، بیشترین تأثیر و غلظت ۷/۵ درصد عصاره آبی برگ با ۴۴/۴۵ درصد کاهش، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر درصد سبز شدن بذر سس نسبت به شاهد داشتند.

همچنین تمامی غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری بر سرعت سبز شدن نشان دادند (جدول ۳). غلظت ده درصد عصاره آبی ساقه و ده درصد عصاره آبی برگ با ۸۵ درصد کاهش در سرعت سبز شدن بیشترین تأثیر و غلظت ۲/۵ درصد گیاه کامل با درصد ۴۹/۸ کاهش بر سرعت سبز شدن، کمترین تأثیر معنی‌دار را نشان دادند.

1- Sink

به جز غلظت ۲/۵ درصد گیاه کامل، اثر سایر تیمارها بر متوسط زمان سبز شدن معنی‌دار بود (جدول ۳). غلظت ده درصد عصاره آبی ساقه با افزایش ۸۸ درصدی در متوسط زمان سبز شدن، بیشترین تأثیر و غلظت پنج درصد عصاره آبی ریشه با افزایش ۳۸/۹ درصدی، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر متوسط زمان سبز شدن نشان دادند. به جز غلظت پنج درصد عصاره آبی گیاه کامل که باعث افزایش ۱۰۱ درصدی در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد شد، در سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر این صفت مشاهده نشد (جدول ۳). بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که توانایی مواد دگرآسیب کرچک در کاهش سرعت و نیز افزایش متوسط زمان سبز شدن گیاهچه‌های سس، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش گسترش این علف‌هرز انگل داشته باشد.

غلظت‌های ۲/۵، پنج، ۷/۵ و ده درصد عصاره آبی اندام‌های کرچک اثر معنی‌داری را بر کاهش وزن خشک و طول گیاهچه‌های سس نشان دادند (شکل۲- الف و ب). در بین تیمارهای آزمایش، غلظت ۲/۵ درصد عصاره آبی گیاه کامل به ترتیب با ۹۹ و ۸۵ درصد کاهش در وزن خشک و طول گیاهچه سس دارای بیشترین تأثیر معنی‌دار بر این صفات بود. محسن‌زاده و همکاران (Mohsenzadeh et al., 2008) نیز گزارش کردند که غلظت ۲/۵ درصد عصاره آبی برگ و میوه کرچک به طور معنی‌داری جوانه‌زنی گندم و لوبیا چشم بلبلی را کاهش داد.

آزمایش سوم: به جز دوره ۹۰ روز پوسیدگی، سایر دوره‌ها اثر معنی‌داری بر درصد سبز شدن سس نشان دادند (جدول ۴). در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر را بر درصد سبز شدن نشان داد. به طوری‌که در دوره‌های صفر، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پوسیدگی درصد سبز شدن را ۹۶/۳ درصد نسبت به شاهد کاهش داد. اروجی و همکاران (Orouji et al., 2008) به نقل از نیلدا و همکاران (Nilda et al., 2000) بیان کردند که به طور کلی گیاهان دارای بذرهای ریز به دلیل آن‌که در مقایسه با گیاهان بذر درشت نسبت سطح به حجم بیشتری داشته و در نتیجه دارای سطح تماس بیشتری با این مواد هستند، از حساسیت بیشتری نسبت به مواد دگرآسیب برخوردارند.

اندام‌های کرچک در تمامی دوره‌های پوسیدگی سرعت سبز شدن را به طور معنی‌داری نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول ۴). بیشترین تأثیر بر سرعت سبز شدن در دوره‌های ۱۵ و ۳۰ روز پوسیدگی برگ مشاهده شد.

جدول ۳- اثر غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه سس در گلدان

Table 3- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on studied traits of dodder in pots

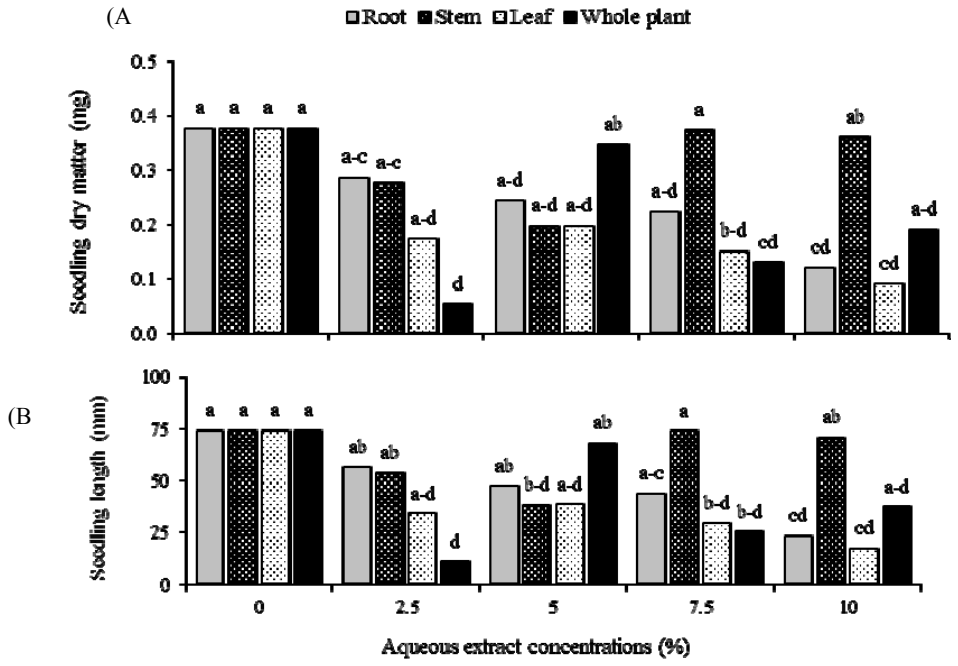
تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعداد گیاهچه در روز) Emergence rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان سبز شدن (روز) Mean emergence time (day)
R-0*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
R-2.5	0.68^{ab}	36.67^{bcd}	0.53^{bcd}	7.15^{ab}
R-5	0.34^{ab}	60.00^{ab}	0.98^{bc}	6.28^{b}
R-7.5	0.01^{b}	40.00^{bcd}	0.64^{bcd}	6.42^{b}
R-10	0.01^{b}	46.67^{bcd}	0.70^{bcd}	6.91^{ab}
S-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
S-2.5	0.01^{b}	26.67^{cd}	0.38^{cd}	7.28^{ab}
S-5	0.68^{ab}	50.00^{bc}	0.69^{bcd}	7.43^{ab}
S-7.5	0.01^{b}	23.33^{cd}	0.38^{cd}	6.33^{b}
S-10	0.34^{ab}	26.67^{cd}	0.32^{d}	8.50^{a}
L-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
L-2.5	0.34^{ab}	40.00^{bcd}	0.61^{bcd}	6.94^{ab}
L-5	0.01^{b}	46.67^{bcd}	0.58^{bcd}	7.96^{ab}
L-7.5	0.01^{b}	50.00^{bc}	0.71^{bcd}	7.33^{ab}
L-10	0.34^{ab}	23.33^{cd}	0.32^{d}	7.67^{ab}
T-0	0.01^{b}	90.00^{a}	2.13^{a}	4.52^{c}
T-2.5	0.34^{ab}	56.67^{ab}	1.07^{b}	7.35^{ab}
T-5	1.01^{a}	40.00^{bcd}	0.64^{bcd}	6.58^{ab}
T-7.5	0.68^{ab}	60.00^{ab}	0.76^{bcd}	8.25^{ab}
T-10	0.34^{ab}	26.67^{cd}	0.41^{cd}	6.67^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ده: عصاره‌های آبی در سطح صفر تا ده درصد

*R: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 10: aqueous extracts in levels of 0 to 10%



شکل ۲- اثرات غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در گلدان B)

Fig. 2- Effect of aqueous extracts of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in pots (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

جدول ٤- اثر دوره‌های پوسیدگی اندام‌های کرچک بر صفات مورد مطالعه سس

Table 4- Effect of decay durations of caster bean organs on studied traits of dodder

تیمار Treatment	تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال No. of abnormal seedling	درصد سبز شدن Emergence percentage	سرعت سبز شدن (تعداد گیاهچه در روز) Emergence rate ($1.day^{-1}$)	میانگین زمان سبز شدن (روز) Mean emergence time (day)
R-C*	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
R-0	0.68^{ab}	40.00^{bcdefg}	0.87^{defg}	4.75^{ab}
R-15	0.34^{ab}	50.00^{bcdef}	1.08^{cd}	4.87^{ab}
R-30	0.34^{ab}	43.33^{bcdef}	0.72^{defgh}	6.38^{ab}
R-45	0.68^{ab}	46.67	0.75^{defgh}	6.54^{ab}
R-60	0.34^{ab}	66.67^{abc}	1.07^{cd}	6.76^{ab}
R-75	0.01^{b}	73.33^{ab}	1.09^{cd}	7.13^{ab}
R-90	0.01^{b}	90.00^{a}	1.46^{bc}	6.67^{ab}
S-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
S-0	1.01^{ab}	33.33^{defgh}	0.95^{defg}	6.22^{ab}
S-15	0.01^{b}	53.33^{abcdef}	1.01^{cd}	5.38^{ab}
S-30	0.01^{b}	23.33^{gh}	0.34^{hij}	4.97^{abc}
S-45	0.68^{ab}	30.00^{defgh}	0.44^{ghi}	7.64^{ab}
S-60	1.68^{a}	26.67^{fgh}	0.32^{ij}	8.42^{a}
S-75	1.34^{a}	46.67^{bcdef}	0.76^{defg}	6.27^{ab}
S-90	0.68^{ab}	60.00^{abcd}	0.89^{defg}	7.22^{ab}
L-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
L-0	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.04^{j}	2.67^{cd}
L-15	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.00^{j}	0.00^{d}
L-30	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.00^{j}	0.00^{d}
L-45	0.34^{ab}	3.33^{i}	0.04^{j}	3.00^{cd}
L-60	1.34^{a}	43.33^{bcdef}	0.78^{defg}	5.72^{ab}
L-75	0.01^{b}	30.00^{efgh}	0.52^{efghi}	6.27^{ab}
L-90	0.01^{b}	56.67^{abcde}	0.91^{def}	7.71^{ab}
T-C	0.01^{b}	90.00^{a}	2.05^{a}	4.62^{ab}
T-0	1.01^{ab}	40.00^{cdefg}	0.89^{defg}	4.50^{ab}
T-15	0.34^{ab}	53.33^{abcdef}	0.99^{cde}	5.76^{ab}
T-30	0.68^{ab}	30.00^{defgh}	0.5^{fghi}	6.39^{ab}
T-45	0.68^{ab}	20.00^{hi}	0.33^{ij}	4.13^{bc}
T-60	1.01^{ab}	50.00^{bcdef}	0.82^{defg}	7.10^{ab}
T-75	0.68^{ab}	56.67^{abcde}	0.92^{def}	7.37^{ab}
T-90	0.01^{b}	86.67^{a}	1.21^{cd}	7.50^{ab}

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

*R: ریشه، S: ساقه، L: برگ، T: گیاه کامل بدون گل‌آذین، اعداد صفر تا ۹۰: دوره‌های پوسیدگی، C: تیمار شاهد

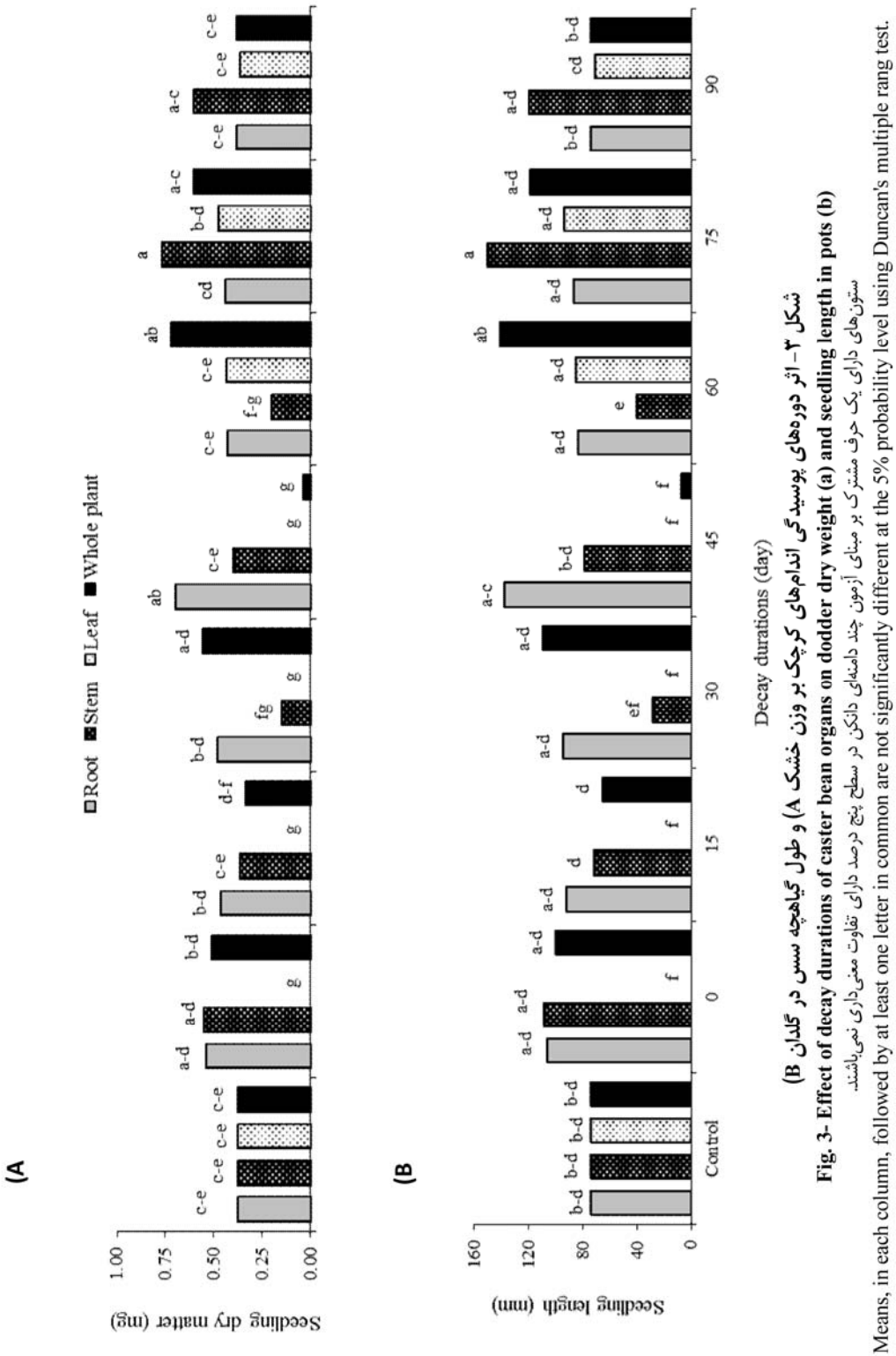
R*: root, S: stem, L: leaf, T: total plant without inflorescence, Numbers from 0 to 90: decay duration, C: control treatment

به طوری‌که سرعت سبز شدن را به صفر بذر در روز (۱۰۰ درصد کاهش نسبت به شاهد) کاهش داد. دوره ۹۰ روز پوسیدگی ریشه با کاهش ۲۸/۸ درصدی سرعت سبز شدن نسبت به شاهد، کمترین تأثیر معنی‌دار را بر این صفت داشت. کاهش سرعت و درصد سبز شدن ممکن است به علت تخریب لیپیدهای غشا و در نتیجه اختلال در کار کرد غشا صورت بگیرد (Bogatek et al., 2006).

به جز دوره ۶۰ و ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و نیز ۶۰ روز پوسیدگی برگ، در سایر تیمارها اثر معنی‌داری بر تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال مشاهده نشد. دوره ۷۵ روز پوسیدگی ساقه و ۶۰ روز پوسیدگی برگ باعث افزایش ۱۳۴ درصدی و دوره ۶۰ روز پوسیدگی ساقه باعث افزایش ۱۶۸ درصدی در تعداد گیاهچه‌های غیرنرمال نسبت به شاهد شد (جدول ۴).

به جز دوره‌های ۷۵ و ۹۰ روز پوسیدگی اندام‌های کرچک، سایر دوره‌ها باعث کاهش وزن خشک و طول گیاهچه سس شدند (شکل ۳- الف و ب). در بین اندام‌های کرچک، برگ بیشترین تأثیر را بر کاهش این دو صفت نشان داد، به طوری‌که در دوره‌های صفر تا ۴۵ روز پوسیدگی، منجر به کاهش ۱۰۰ درصدی این دو صفت شد. در بین تیمارهای آزمایش تیمار ۴۵ روز پوسیدگی ریشه، ۶۰ روز

پوسیدگی گیاه کامل و ۷۵ روز پوسیدگی ساقه اثر تحریک‌کنندگی بـر وزن خشک گیاهچه سس داشتند. همچنین در تیمار ۷۵ روز پوسیدگی ساقه افزایش معنی‌داری در طول گیاهچه سس مشاهده شد.



شکل ۳- اثر دوره‌های پوسیدگی اندام‌های کرچک بر وزن خشک A) و طول گیاهچه سس در گلدان B)

Fig. 3- Effect of decay durations of caster bean organs on dodder dry weight (a) and seedling length in pots (b)

ستون‌های دارای یک حرف مشترک بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد دارای تفاوت معنی‌داری نمی‌باشند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple rang test.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان‌دهنده تأثیر منفی عصاره‌های آبی و نیز بقایای پوسیده اندام‌های مختلف کرچک در کاهش جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه‌های سس بود. با این وجود، به علت ماهیت ارتباط و اتصال سس با گیاه میزبان، به‌کارگیری دقیق و خاصیت انتخابی مواد دگرآسیب کرچک به گونه‌ای که حداقل آسیب را به سایر گیاهان زراعی وارد کند، باید در راستای کنترل این علف‌هرز انگل در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، موفقیت خاصیت دگرآسیبی کرچک در کنترل سس در ارتباط با روش به‌کارگیری این مواد می‌باشد. با توجه به این‌که کنترل این علف‌هرز انگل تنها به وسیله رهیافت‌های تلفیقی مدیریت علف‌های‌هرز در دراز مدت امکان‌پذیر است، استفاده از توانایی مواد دگرآسیب کرچک در تولید علف‌کش‌های زیستی می‌تواند ضمن کاهش گسترش این علف‌هرز، توسعه بیشتر نظام‌های ارگانیک را نیز فراهم کند.

منابع

Aslani, M.R., Maleki, M., Mohri, M., Sharifi, K., Najjar-Nezhad, V., and Afshari, E. 2007. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. Toxicon 49(3): 400-406.

Benvenuti, S., Dinelli, G., Bonetti, A., and Catizone, P. 2005. Germination ecology, emergence and host detection in *Cuscuta campestris*. Weed Research 45: 270-278.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Bogatek, R., Gniazdowska, A., Zakrzewska, W., Oracz, K., and Gawroński, S.W. 2006. Allelopathic effects of sunflower extracts on mustard seed germination and seedling growth. Biologia Plantarum 50: 156-158.

Deines, L., Rosentreter, R., Eldridge, D., and Serpe, M. 2007. Germination and seedling establishment of two annual grasses on lichen-dominated biological soil crusts. Plant and Soil 295: 23-35.

Doan, L.G. 2004. Ricin: Mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development: A review. Journal of Toxicology-Clinical Toxicology 42(2): 201-208.

Gliessman, S.R. 2001. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture. Springer 380 pp.

Jarchow, M.E., and Cook, B.J. 2009. Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*. Plant Ecology 204: 113-124.

Kupidłowska, E., Gniazdowska, A., Stępień, J., Corbineau, F., Vinel, D., Skoczowski, A., Janeczko, A., and Bogatek, R. 2006. Impact of sunflower (*Helianthus annuus* L.) extracts upon reserve mobilization and energy metabolism in germinating mustard (*Sinapis alba* L.) seeds. Journal of Chemical Ecology 32: 2569-2583.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cuscuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32: 165-179.

Machado, S. 2007. Allelopathic potential of various plant species on downy brome: Implications for weed control in wheat production. Agronomy Journal 99(1): 127-132.

Matthews, S., and Khajeh Hosseini, M. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). Seed Science and Technology 34: 339-347.

Mohsenzadeh, S., Mohabatkar, H., and Gholizadeh, M. 2008. Aquatic extract effects of castor bean leaf and fruit on germination and seedling growth and propagation of bacteria and fungi. Pajouhesh and Sazandegi 78: 30-33. (In Persian with English Summary)

Morris, C., Grossl, P.R., and Call, C.A. 2009. Elemental allelopathy: processes, progress and pitfalls. Plant Ecology 202: 1-11.

Nadler-Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* to herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341-347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25: 51-72.

Nilda, R., and Talbert, E. 2000. Differential activity of allelochemicals from *Secale cereale* in seedling bioassays. Weed Science 48: 302-310.

Orouji, K., Khazaei, H.R., Rashed Mohasel, M.H., Ghorbani, R., and Azizi, M. 2008. Allelopathic effects of sunflower (*Helianthus annuus*) on germination and initial growth of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) and common lambsquarter (*Chenopodium album*). Journal of Plant Protection 22: 119-128. (In Persian with English Summary)

Rashed Mohasel, M.H., Najafi, A., and Akbarzadeh, M.D. 2002. Weed Biology and Control. (first ed.). Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran. (In Persian)

Roohi, A., Tajbakhsh, M., Saeidi, M.R., and Nikzad, P. 2010. Study the allelopathic effects of walnut (*Juglans regia*), water leaf extract on germination characteristics of wheat (*Triticum aestivum*), onion (*Allium cepa*) and lactuca (*Lactuca sativa*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 457-464. (In Persian with English Summary)

Upasani, S.M., Kotkar, H.M., Mendki, P.S., and Maheshwari, V.L. 2003. Partial characterization and insecticidal properties of *Ricinus communis* L. foliage flavonoids. Pest Management Science 59: 1349-1354.

Wallace, J. 2001. Organic field crop handbook. 2nd Ed. Canadian organic Growers Inc., Ottawa, Canada.

Xuan, T.D., Shinkichi, T., Khanh, T.D., and Chung, I.M. 2005. Biological control of weeds and plant pathogens in paddy rice by exploiting plant allelopathy: An overview. Crop Protection 24: 197-206.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 168-178

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۷۸-۱۶۸

تأثیر کودهای بیولوژیک بر اجزای عملکرد، عملکرد و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.)

علیرضا کوچکی[۱*]، عقیل روحی[۲] و فرانک نوربخش[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر خصوصیات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از ارقام مختلف کلزای پاییزه (اکاپی، زرفام و مودنا) و کود بیولوژیک در چهار سطح (نیتروکسین، باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات و شاهد). صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع گیاه، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن کلزا بود. نتایج نشان داد که در تمام صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن هزار دانه بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌دار وجود داشت. تیمارهای مختلف کودی نیز بر تمام صفات مورد بررسی به جز وزن هزار دانه و شاخص برداشت تأثیر معنی‌داری داشتند. رقم مودنا بالاترین صفات کمی و عملکرد روغن را داشت. همچنین در تیمار ترکیب باکتری حل‌کننده فسفات+ نیتروکسین بالاترین صفات کمی و درصد روغن حاصل شد. در تمام صفات اندازه‌گیری شده اثرات متقابل تیمار کودی و رقم معنی‌دار نبود. به طورکلی، نتایج به دست آمده از این آزمایش بر مؤثر بودن استفاده از کودهای زیستی برای دستیابی به عملکرد بالا دلالت دارد.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، باکتری حل‌کننده فسفات، نیتروکسین

مقدمه

کلزا یا کانولا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از گیاهان زراعی خانواده کلم می‌باشد. این گیاه روغنی پس از سویا (*Glycine max* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) سومین منبع تولید روغن نباتی جهان به شمار می‌رود (Hezbavi & Minaei, 2008; Shamsaddin Saied & Farahbakhsh, 2008). دانه کلزا حاوی ۲۵ تا ۵۵ درصد روغن، ۱۸ تا ۲۴ درصد پروتئین و ۱۲ تا ۲۰ درصد پوسته است (Khajepoor, 1998). به دلیل وابستگی کشور به روغن خوراکی وارداتی، سیاست وزارت جهاد کشاورزی در سال‌های اخیر توسعه کشت گیاهان روغنی از جمله کلزا می‌باشد (Hezbavi & Minaei, 2008). سطح زیر کشت کلزا در ایران در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ حدود ۹۳۰۰۰ هکتار با تولید ۱۹۰۰۰۰ تن است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2013). بنابراین، تلاش برای افزایش عملکرد این محصول ضروری به نظر می‌رسد.

رشد و عملکرد گیاه تابع ظرفیت ژنتیکی آن و عوامل محیطی از جمله دما، رطوبت، تابش انرژی، ساختمان و تخلخل خاک، واکنش خاک، عوامل زیستی، تأمین عناصر غذایی و نبود عوامل محدودکننده رشد است (Koocheki & Khajehosseini, 2008).

کودهای بیولوژیک حاوی جمعیتی متراکم از یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌رود (Sharma, 2002). از جمله کودهای بیولوژیک می‌توان به میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن اشاره کرد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل بهبود خصوصیات رشدی گیاهان در شرایط همزیستی با مایکوریزا را به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات که عمدتاً شامل باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند، با تولید اسیدهای آلی، موجب افزایش حلالیت فسفات‌های معدنی کم‌محلول نظیر سنگ فسفات می‌شوند. همچنین بسیاری از آن‌ها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز، سبب آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی نیز می‌گردند (Khan et al., 2007). افراسیابی و همکاران با آزمایشی روی یونجه (*medicago sativa* L.) نشان دادند که بهترین عملکرد کمی و کیفی از کاربرد کود بیولوژیک فسفر بارور ۲ حاصل شد (Afrasiabi et al., 2011). *آزوسپیریلوم و ازتوباکتر* نیز جزء باکتری‌های آزادزی هستند که تقریباً در همه جای کره زمین یافت می‌شود (Emtiazi et al., 2004). تحقیقات زیادی نشان داده است که این دو جنس قادر به تحریک رشد و افزایش عملکرد گیاهان زراعی هستند (Bashan et al., 2006; Tahmasbi et al., 2011). شوقی کلخوران و همکاران (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) بیان کردند که تلقیح بذرها با نیتروکسین موجب بهبود اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک، درصد پروتئین و روغن و بهبود کیفیت روغن آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در مقایسه با تیمار شاهد شد.

هدف از این پژوهش بررسی اثرات کودهای بیولوژیک نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات و همچنین تغذیه تلفیقی این کودها بر خصوصیات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ده کیلومتری شرق مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. متوسط بارندگی منطقه، ۲۸۶ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. آزمایش در زمینی به مساحت تقریبی ۴۵۰ مترمربع به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور ارقام کلزا شامل سه رقم اوکاپی، زرفام و مودنا و فاکتور تیمارهای کودی در چهار سطح شامل کود بیولوژیک نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali*)، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، مخلوط کود بیولوژیک نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تیمار شاهد (بدون کود) بود. قبل از انجام آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه به صورت تصادفی نمونه‌گیری و به منظور تعیین عناصر پرمصرف، اسیدیته، هدایت الکتریکی و ماده آلی، در آزمایشگاه آب و خاک تجزیه شد. پس از پیاده کردن نقشه طرح کرت‌هایی با ابعاد ۲×۳ متر ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. در ابتدای هر بلوک به منظور آبیاری یک نهر توسط نهرکن ایجاد شد و در پاییز و زمستان در سه نوبت و در بهار هر هفته به صورت سیفونی انجام شد. میزان بارندگی نیز در طی فصل رشد ۲۶۰ میلی‌متر بود. کشت به صورت دو ردیف و در دو طرف پشته صورت گرفت. فاصله ردیف‌ها از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذرهای هر سه رقم کلزا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. کود بیولوژیک نیتروکسین که حاوی مجموعه‌ای از فعال‌ترین سویه‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شامل *Azospirillum brasilense* و *Azotobacter paspali* می‌باشد و در هر میلی‌لیتر آن تعداد 10^8 سلول زنده وجود داشت به روش اختلاط با بذر استفاده شد و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه به مدت سه ساعت، مورد کشت قرار گرفت. باکتری‌های حل‌کننده فسفات که قادر به ترشح مقدار زیادی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز هستند و به این وسیله فسفر را از ترکیبات معدنی و آلی آزاد می‌کنند نیز به صورت تلقیح با بذر در زمان کاشت مورد استفاده قرار گرفت. بنابراین از کود فسفاته زیستی با نام تجاری بارور ۲ استفاده شد.

این کود حاوی باکتری‌های مفید حل‌کننده فسفات (*Bacillus lentus* strain P_5 و *Pseudomonas putida* strain P_{13}) می‌باشد که با استفاده از دو ساز و کار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز باعث حل ترکیبات فسفر نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (Afrasiabi et al., 2011). بذرها بدون در نظر گرفتن تراکم مطلوب در ۱۵ مهر کشت شد، ولی در مرحله دو تا چهار برگی با توجه به تراکم مطلوب عملیات تنک انجام شد. بر اساس یافته‌های پژوهشگران وجود ۸۰-۷۰ بوته در مترمربع برای ارقام پاییزه یک تراکم مطلوب می‌باشد که در کمتر از این مقدار پوشش گیاهی مناسبی ایجاد نمی‌شود و در نتیجه در معرض بیشتر آفات و علف‌های-هرز قرار می‌گیرد و در بیشتر از این تراکم احتمال وقوع خوابیدگی وجود دارد (Makay et al., 1992). به دلیل کاهش اثرات ناشی از آبشویی کودها، انتهای کرت‌ها بسته شد. جهت یکنواختی در سبز شدن پس از کاشت دو آبیاری متوالی انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical properties of farm soil (0-30 cm) before planting

بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available potassium (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
سیلت- لومی Silty-loam	0.07	9	124	3.34	7.4	0.06

کنترل علف‌های‌هرز از طریق وجین دستی در دو مرحله و در بهار انجام شد. در پایان فصل رشد جهت تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک پس از حذف حاشیه‌ها (۵۰ سانتی‌متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و یک ردیف از هر طرف کرت) برداشت از دو مترمربع هر کرت صورت گرفت و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد. همچنین جهت تعیین ارتفاع و تعداد خورجین در بوته سه بوته از سطح نمونه‌برداری به طور تصادفی انتخاب شد. وزن هزار دانه نیز به وسیله دستگاه بذرشمار آزمایشگاه گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی تعیین شد. برای تعیین درصد روغن دانه مقدار سه گرم بذر آسیاب و مقدار روغن با استفاده از دستگاه سوکسله در آزمایشگاه تغذیه دام گروه علوم دامی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تعیین شد. عملکرد روغن در هکتار از حاصلضرب عملکرد دانه و درصد روغن محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل داده‌ای آماری با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1 صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود ارتفاع گیاه در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) متفاوت بود. بیشترین ارتفاع کلزا مربوط به رقم مودنا با میانگین ۱۱۸/۷۴ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع مربوط به رقم زرفام با میانگین ۹۴/۱۳ بود (جدول ۳). قوشچی و همکاران (Ghoshchi et al., 2010) نشان دادند که رقم تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع کلزا داشت. طباطبایی و همکاران (Tabatabai et al., 2012) نیز بیان کردند که ارتفاع کلزا تحت تأثیر رقم قرار گرفت؛ به طوری‌که رقم اکاپی به دلیل زودرس بودن شرایط محیطی مناسب‌تری داشت و همین موضوع منجر به افزایش ارتفاع آن شد. گزارشات دیگری نیز مؤید تفاوت ارتفاع در ارقام مختلف کلزا است (Omidi et al., 2002; Mostafavi Rad et al., 2011). ارتفاع بلندتر گیاه در اثر داشتن محور گل‌آذین بلندتر یا به عبارتی داشتن تعداد بالقوه بیشترین گل و غلاف روی گل‌آذین ساقه است. ریزش برگ‌ها در مرحله پرشدن غلاف‌ها نیز باعث می‌شود که فتوسنتز گیاه منحصراً توسط غلاف و ساقه‌ها انجام شود. بنابراین، داشتن ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتزکننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر برای پر کردن غلاف‌ها و دانه‌ها می‌باشد (Chapman et al., 1984; Norton et al., 1991). ارتفاع تحت تأثیر معنی‌دار کودهای بیولوژیک قرار گرفت (جدول ۲). به طوری‌که بیشترین ارتفاع در اثر تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین+ باکتری‌های حل‌کننده فسفات با میانگین ۱۱۹/۵۱ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع در اثر تیمار شاهد با میانگین ۹۴/۰۷ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، تفاوت معنی‌داری بین تأثیر تیمار نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات مشاهده نشد. به طور کلی، در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه، از طریق افزایش طول میان‌گره‌ها ارتفاع گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Sarmadnia & Koocheki, 2004). همچنین ارتفاع کلزا با تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

تعداد خورجین در بوته: تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر ارقام مختلف کلزا قرار گرفت (جدول ۲) ($p\leq۰/۰۱$). رقم مودنا با میانگین ۱۰۹/۲۷ خورجین بیشترین و رقم زرفام با میانگین ۷۸/۱۹ خورجین کمترین تعداد خورجین را داشت (جدول۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده در سه رقم کلزای پاییزه تحت تأثیر کودهای زیستی مختلف

Table 2- The results of analysis of variance (mean squares) measured characteristics in three cultivar winter canola under different biofertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد روغن Oil percentage	عملکرد روغن Oil yield
بلوک Replication	2	141.12	30.95	0.334	653402	21077	0.0005	28.23	40013
رقم Cultivar	2	1836.93**	2929.06**	0.046	7333169**	8286944**	0.0532**	35.63*	1012368**
کود Biofertilizer	3	975.10**	956.87**	0.097	925025*	293488**	0.0008	46.93**	111647**
رقم× کود Cultivar× biofertilizer	6	52.49	60.31	0.084	511447	47500	0.0010	3.52	9221
خطا Error	22	35.42	44.08	0.109	354917	29529	0.0009	6.58	11556
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.55	7.15	9.25	6.43	5.66	9.56	8.9	12.14

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: are significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

طهماسبی سروستانی و مصطفوی‌راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012) نیز بیان کردند که رقم مودنا بیشترین تعداد خورجین در بوته را در بین ارقام مورد مطالعه به خود اختصاص داد. همچنین امیدی و همکاران (Omidi et al., 2002) و عطایی و همکاران (Ataei et al., 2006) در مطالعه بر روی ارقام کلزا گزارش کردند که اثر رقم بر تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود. تأثیر تیمارهای کودی نیز بر تعداد خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری‌که تیمار نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با میانگین ۱۰۴/۸۱ بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۷۹/۸۱ کمترین تعداد خورجین در بوته را نشان داد. مسعود و همکاران (Masood et al., 2003) نشان دادند که استفاده از کودهای بیولوژیک در کلزا موجب افزایش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه شد. احتمالاً کود نیتروکسین از طریق مکانیزم‌های تولید هورمون و تثبیت زیستی نیتروژن به رشد بهتر گیاه در مرحله غلاف‌بندی کمک کرده و در نتیجه کارآیی گیاهان تحت تیمار را در استفاده از منابع محیطی افزایش داده است که منجر به افزایش تعداد خورجین شده است. نتایج حاصل با گزارش سعیدی و صدقی (Saiedi & sedghi, 2008) نیز مطابقت دارد. تعداد خورجین در بوته نیز با تمام صفات مورد مطالعه به جز وزن هزار دانه همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

وزن هزار دانه: وزن هزار دانه کلزا با توجه به رقم بین ۷-۳ گرم متغیر است (Alizadeh et al., 2006). جدول ۲ نشان می‌دهد که تفاوت وزن هزار دانه در ارقام مختلف کلزا معنی‌دار نبود. با این وجود بیشترین و کمترین میانگین وزن هزار دانه به ترتیب در رقم اکاپی (۳/۶۲ گرم) و زرفام (۳/۵ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، تحقیقات دیگری نشان داد که اثر رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار است (Ataei et al., 2006; Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012; Omidi et al., 2002). تیمارهای مختلف کودی نیز بر وزن هزار دانه کلزا تأثیر معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). تالشی و اصولی (Taleshi & Osoli, 2011) نیز نشان دادند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر وزن هزار دانه دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) تأثیر معنی‌داری نداشت. با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد که تیمارهای کودی در مرحله زایشی باعث افزایش تعداد خورجین شده‌اند، ولی در مرحله پر شدن دانه تأثیری بر وزن دانه نداشته‌اند.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین تأثیر ارقام مختلف کلزا و کودهای زیستی مختلف بر خصوصیات کمی و درصد روغن کلزا

Table 3- Results of average comparison effect of different biofertilizers quantitative properties and seed oil contents of three cultivars of canola

	تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد خورجین در بوته Number of pod in plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت HI	درصد روغن (درصد) Oil percentage (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
رقم Cultivar	اکاپی Okapi	108.66^{b*}	90.96^{b}	3.627^{a}	8823^{b}	3095^{b}	0.34^{b}	28.4^{b}	884^{b}
	زرفام Zarfam	94.13^{c}	78.19^{c}	3.509^{a}	8702^{b}	2170^{c}	0.25^{c}	27.2^{b}	594^{c}
	مودنا Modena	118.74^{a}	109.27^{a}	3.601^{a}	10153^{a}	3828^{a}	0.37^{a}	30.6^{a}	1175^{a}
کود بیولوژیک Biofertilizers	نیتروکسین Nitroxin	106.96^{b}	91.66^{b}	3.495^{a}	9466^{ab}	3021^{b}	0.31^{a}	28.58^{a}	867^{b}
	باکتری حل‌کننده فسفات Phosphate solubilizing bacteria	108.18^{b}	94.95^{b}	3.545^{a}	9086^{ab}	3010^{b}	0.32^{a}	30.75^{a}	936^{ab}
	نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات Nitroxin+ phosphate solubilizing bacteria	119.51^{a}	104.81^{a}	3.546^{a}	9585^{a}	3266^{a}	0.33^{a}	30.2^{a}	998^{a}
	شاهد Control	94.07^{c}	79.81^{c}	3.731^{a}	8900^{b}	2826^{c}	0.31^{a}	25.66^{b}	738^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* means with same letters have not significant differences in each column and for each factor based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

عملکرد بیولوژیک: عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر ارقام مختلف کلزا تفاوت معنی‌داری (p≤۰/۰۱) داشت (جدول ۲). به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۱۰۱۵۳ کیلوگرم در هکتار و رقم زرفام با میانگین ۸۷۰۲ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را داشتند (جدول ۳). همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر تیمارهای کودی نیز بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک در اثر تیمارهای نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات و شاهد به ترتیب به میزان ۹۵۸۵ و ۸۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). مرادی تلاوت و همکاران (Moradi Telavat et al., 2008) در آزمایشی بر روی کلزا نشان دادند که فراهمی نیتروژن در خاک باعث افزایش عملکرد بیولوژیکی و عملکرد روغن کلزا می‌شود. هنری و همکاران (Henri et al., 2008) نیز اظهار داشتند که جنس‌های *Pseudomonas* علاوه بر افزایش قابلیت جذب فسفات نامحلول خاک، از طریق ترشح هورمون و فاکتورهای تحریک‌کننده رشد گیاه نیز روی رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارند. رامانجانلو و همکاران (Ramanjaneyulu et al., 2010) نیز بیان کردند که کاربرد *ازتوباکتر* به همراه باکتری حل‌کننده فسفات باعث افزایش وزن خشک علوفه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) شد. هگازی و همکاران (Hegazi et al., 1983) افزایش معنی‌دار تجمع ماده خشک در ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با *آزوسپریلوم* را گزارش کردند. آن‌ها این اثر را به افزایش سطح و گسترش ریشه گیاه در اثر تلقیح با این کود بیولوژیک و همچنین تأثیرات هورمونی *آزوسپریلوم* بر رشد و توسعه اندام‌های هوایی نسبت دادند. به نظر می‌رسد که تأمین شرایط جدید برای ریزوسفر به کمک تغییر اسیدیته ناشی از اثرات باکتری‌های به‌کار برده شده، نه تنها شرایط تأمین فسفر قابل جذب را بهبود بخشیده است، بلکه به نظر می‌رسد که قابلیت تنظیم‌کنندگی رشد و تأمین همزمان برخی از عناصر محدودکننده میکرو را نیز برای گیاه در برداشته است. عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه، درصد روغن و عملکرد روغن همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

عملکرد دانه: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود عملکرد دانه در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری (p≤۰/۰۱) متفاوت است. به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۳۸۲۸ کیلوگرم در هکتار و رقم زرفام با میانگین ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). اکبری و همکاران (Akbari et al., 2010) بیان کردند که بین ارقام مختلف کلزا از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و این اختلاف را به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام نسبت دادند. از آن‌جا که اثرات متقابل رقم در کود نیز معنی‌دار نشد، شاید بتوان گفت که تفاوت عملکرد ارقام مختلف کلزا علت ژنتیکی دارد. جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشته است، به طوری‌که اثر تیمار کود نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با میانگین ۳۲۶۶ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد با میانگین ۲۸۲۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را نشان داد. اجزای تعیین‌کننده عملکرد کلزا شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، و وزن هزار دانه می‌باشد (Ali et al., 2003). بنابراین، از آن‌جا که وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری نداشت، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد تیمار تلفیقی ناشی از افزایش تعداد خورجین در بوته‌های این تیمار است. تایلور و همکاران (Taylor et al., 1991) در مطالعه‌ای مشابه در کلزا نشان دادند که مصرف نیتروژن در هر دو سال زراعی از طریق افزایش تعداد خورجین در واحد سطح، عملکرد دانه را افزایش داد. از طرفی کندی و همکاران (Kennedy et al., 2004) و آنتونس و همکاران (Antunes et al., 2005) گزارش کردند که سرعت فتوسنتز در گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن افزایش می‌یابد که این می‌تواند به دلیل تولید هورمون‌های گیاهی توسط این میکروارگانیسم‌ها باشد که باعث افزایش رشد در گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد شده است. به طور کلی، *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* موجب تولید هورمون‌های گیاهی همچون اکسین و ژیبرلین می‌شوند (Bashan & Holguin, 1997). همچنین یکی از مکانیزم‌های احتمالی این است که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر در دسترس برای باکتری هم‌زیست، باعث افزایش تثبیت نیتروژن در گره‌های ریشه‌ای و در نتیجه افزایش رشد گیاه و به خصوص بخش هوایی آن شده است، زیرا برای تثبیت نیتروژن، انرژی فراوانی مورد نیاز است که با وجود فسفر کافی و ATP فراوان تأمین می‌شود (Olivera et al., 2002). از طرفی افزایش عملکرد بیولوژیک سبب ایجاد سطح فتوسنتزکننده زیادتر شده و در نتیجه تولید مواد پرورده بیشتر، باعث افزایش عملکرد

دانه شده است. بنابراین، می‌توان گفت کاربرد توأم باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین نسبت به تیمار کاربرد جداگانه این میکروارگانیسم‌ها یک اثر هم‌افزایی مثبت داشته و منجر به افزایش بیشتر عملکرد دانه شده است. آزمایشات دیگری روی غلات و سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) (Dubey & Billore, 1992)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Singh & Kapoor, 1998)، برنج (Taleshi & Osoli, 2011)، لوبیا (*Phasaeolus vulgaris* L.) (Bozorgi et al., 2011) و آفتابگردان (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) انجام شد که همگی حاکی از افزایش عملکرد این محصولات، با کاربرد میکروارگانیسم‌ها حل‌کننده فسفات و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بود که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. با این‌وجود، تالشی و اصولی (Taleshi & Osouli, 2011) بیان کردند که به علت شرایط محیطی کودهای بیولوژیک فسفر بر عملکرد برنج تأثیر معنی‌داری نداشتند. همبستگی عملکرد دانه نیز با شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن مثبت بود (جدول ۴).

شاخص برداشت: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود شاخص برداشت در ارقام مختلف کلزا به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۵$) متفاوت بود (جدول ۲)؛ به طوری‌که رقم مودنا با میانگین ۳۷ درصد و رقم زرفام با میانگین ۲۵ درصد به ترتیب بیشترین و کمترین شاخص برداشت را نشان دادند (جدول ۳). خان و همکاران (Khan et al., 2007) بیان کردند که فراهمی زیستی فسفر قابل جذب در خاک به نوع گیاه، شرایط و سطح تغذیه‌ای و فلور میکروبی خاک بستگی دارد. بنابراین، از آن‌جا که شرایط تغذیه‌ای و فلور میکروبی خاک برای ارقام مختلف یکسان در نظر گرفته شد، تفاوت در شاخص برداشت نیز می‌تواند گواهی بر اختلاف ژنتیکی ارقام مختلف باشد. محققین دیگری نیز دریافتند که بین ارقام مختلف کلزا تفاوت آماری معنی‌داری از نظر شاخص برداشت وجود دارد و ارقامی که عملکرد دانه بیشتری داشتند از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بودند (Chango & Mc Vetty, 2001). تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود (جدول ۲). از آن‌جا که این شاخص بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد دانه و عملکرد کل ماده خشک می‌باشد، لذا تغییرات این دو پارامتر، تأثیر عمده‌ای بر شاخص برداشت دارند. شوقی کلخوران و همکاران (Shoghi Kalkhoran et al., 2012) بیان کردند که کودهای زیستی تأثیری بر شاخص برداشت آفتابگردان نداشت. مجیدیان (Majidian, 2008) نیز نشان داد که شاخص برداشت عملاً ثابت است، زیرا همان‌طور که سیستم‌های مختلف حاصلخیزی و کودهای زیستی روی عملکرد دانه تأثیرگذارند، عملکرد بیولوژیک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین، می‌توان بیان داشت که کودهای زیستی با تأثیر بر رشد رویشی و زایشی سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تقریباً به یک میزان شده‌اند، اما مرادی تلاوت و همکاران (Moradi Telavat et al., 2008) گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود شیمیایی نیتروژن عملکرد دانه کلزا افزایش یافت، اما شاخص برداشت کاهش یافت. همچنین شاخص برداشت با درصد روغن و عملکرد روغن دارای همبستگی مثبت بود (جدول ۴).

درصد روغن: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود درصد روغن در ارقام مختلف کلزا معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود، به طوری‌که بیشترین درصد روغن مربوط به رقم مودنا با میانگین ۳۰/۶ درصد و کمترین درصد روغن مربوط به رقم زرفام با میانگین ۲۷/۲ درصد مشاهده شد (جدول ۳). طهماسبی سروستانی و مصطفوی‌راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad, 2012) نیز بیان کردند که رقم مودنا بیشترین درصد روغن را در بین ارقام مورد مطالعه داشت. ماسون و برنان (Mason & Brennan, 1998) گزارش کردند که تأخیر در رسیدگی دانه‌ها باعث افزایش درصد روغن می‌شود. بنابراین، شاید بتوان تفاوت در درصد روغن ارقام مختلف را به تفاوت در طول دوره رشدی آن‌ها نسبت داد. تیمارهای مختلف کودی نیز تأثیر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) بر درصد روغن داشتند (جدول ۲). به طوری‌که بیشترین درصد روغن در تیمارهای کاربرد کود بیولوژیک به خصوص تیمار نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات (به میزان ۳۰/۷۵ درصد) و کمترین درصد روغن در تیمار شاهد (به میزان ۲۵/۶۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۳). در عین حال، بین تیمارهای مختلف کاربرد کود بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. بایکر و سویر (Barker & Sowyer, 2005) نیز نشان دادند که کودهای آلی درصد روغن کلزا را افزایش دادند. محققین دیگری نیز با تحقیق روی آفتابگردان بیان نمودند که کاربرد کودهای زیستی باکتریایی به طور معنی‌داری درصد روغن را افزایش داد (Shoghi Kalkhoran et al., 2012). درصد روغن با عملکرد روغن در سطح یک درصد همبستگی مثبت داشت (جدول ۴).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین برخی صفات کمی و درصد روغن سه رقم کلزای پاییزه

Table 4- Correlation coefficients between some quantitative characters and oil content of three cultivars of winter rapeseed

	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)								
تعداد خورجین در بوته Number of pod per plant	0.821 **							
وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	- 0.103	- 0.051						
عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	0.569**	0.748**	0.106					
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	0.775**	0.805**	0.104	0.647**				
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	0.665**	0.606**	0.092	0.282	0.912**			
محتوی روغن (درصد) Oil content (%)	0.582**	0.610**	0.246	0.575**	0.482**	0.296**		
عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	0.799**	0.835**	0.193	0.717**	0.929**	0.782**	0.762**	

** و *: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد را نشان می‌دهد.

** and *: show significant at 1% and 5% probability level Respectively.

عملکرد روغن: همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تأثیر ارقام مختلف بر عملکرد روغن کلزا معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود، به طوری‌که رقم مودنا با ۱۱۷۵ کیلوگرم روغن در هکتار و رقم زرفام با ۵۹۴ کیلوگرم در هکتار روغن به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشتند (جدول ۳). با توجه به این‌که عملکرد روغن حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه است و از آن‌جا که رقم مودنا درصد روغن و عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام داشت (جدول ۳)، بنابراین عملکرد بالاتر روغن در رقم مودنا نسبت به سایر ارقام قابل توجیه است. تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر عملکرد روغن نیز معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). کود نیتروکسین+ باکتری حل‌کننده فسفات با عملکرد روغن ۹۹۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار شاهد با عملکرد روغن ۷۳۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد روغن را داشت (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

در این بررسی کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات و نیتروکسین به صورت توأم و یا جداگانه باعث افزایش زیست‌توده کل گیاه، اجزای عملکرد (به جز وزن هزار دانه) و در نتیجه عملکرد دانه و روغن کلزا شد. کاربرد توأم کودهای زیستی صفات مطلوب‌تری را نشان داد که احتمالاً به دلیل وجود یک هم افزایی مثبت بین میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین در این آزمایش می‌باشد. بنابراین، با توجه به هزینه بالای کودهای شیمیایی و خطرات زیستی محیطی ناشی از مصرف زیاد این کودها استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین به خصوص کاربرد توأم آن‌ها گزینه مناسبی به منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل پژوهه طرح ۲۰۳۶۲/۲ (تاریخ ۱۳۹۰/۱۰/۱۴) معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, A.M. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar-2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata*, cv. Robinson. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 4: 43-54. (In Persian with English Summary)

Akbari, G., IranNejad, H., Hosseinzadeh, K., Zand, E., Hejazi, A.A., and Bayat, A.A. 2010. Effect of wild mustard weed interference on growth parameters and yield of rapeseed. Iranian Journal of Field Crops Research 41: 329-343. (In Persian with English Summary)

Ali, N., Javidfar, F., Jafarieh Yazdi, E., and Mirza, M.Y. 2003. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany 35: 167-174

Alizadeh, N., Babay Ahari, A., Asadi, Y., Valizadeh, M., and Pasban Eslam, B. 2006. Effect of *Sclerotina* stem rot on the quantity and quality of the oil. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 3: 485-494. (In Persian with English Summary)

Antunes, P.M., Deaville, D., and Goss, M.J. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobiumjaponicum* and soybean. Mycorrhiza 16: 167-173.

Ataei, M., Shiranirad, A.H., and Khoorkami, M. 2006. Assessment of some quantitative traits and response of winter rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in water deficient conditions. Proceedings of the 9th Iranian Crop Sciences Congress, 27-29 August 2006, Tehran, Iran 541 pp. (In Persian)

Barker, W.B., and Sowyer, J.E. 2005. Nitrogen application to soybean at early reproductive development. Agronomy Journal 97: 615-619.

Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990-1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121

Bashan, Y., Holguin, G., and De-Bashan, L. 2006. *Azospirillum*-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology 50: 521-577.

Bozorgi, H.R., Azarpour, E., and Moradi, M. 2011. The effect of bio- mineral nitrogen fertilization and foliar zinc spraying on yield and yield components of faba bean. World Apply Science Journal 13: 1409-1414.

Chango, G., and Mc Vetty, P.B.E. 2001. Relationship of physiological characters to yield parameters in oilseed rape. Canadian Journal Plant Science 81: 1-6.

Chapman, J.F., Daniel, R.W., and Scarisbrick, D.H. 1984. Field studies on ^{14}C assimilation fixation and movement in oilseed rape (*B. napus*). Journal of Agricultural Science, Cambridge 102: 23-31.

Dubey, S.K., and Billore, S.D. 1992. Phosphate solubilizing microorganism as inoculants and their role in augmenting crop productivity in India: a review. Crop Research Hisar 5: 1-11.

Emtiazi, G., Naderi, A., and Etemadifar, Z. 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. Food Science 26: 56-58.

Ghoshchi, F., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, G., and Hadi, H. 2010. Changes in yield and yield components of rapeseed under optimum and limited irrigation. Agricultural Research 2: 15-35.

Hegazi, N.A., Monib, M., Amer, H.A., and Shoker, E. 1983. Response of maize plants to inoculation with *Azospirilla* and (or) straw amendment in Egypt. Canadian Journal of Microbiology 29: 888-894.

Henri, F., Laurette, N.N., Annette, D., John, Q., Wolfgang, M., François-Xavier, E., and Dieudonné, N. 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon. African Journal of Microbiology Research 2: 171-178.

Hezbavi, E., and Minaei, S. 2008. Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Food Science and Technology Research Journal 5: 21-28. (In Persian with English Summary)

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M., and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry 36: 1229-1244.

Khajepoor, M.R. 1998. Industrial Crops Production. Jihad-e-Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran p. 210-228. (In Persian)

Khan, M.S., Zaidi, A., and Wani, P.A. 2007. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture-a review. Agronomy for sustainable development. Agronomy Sustain 27: 29-43.

Koocheki, A., and Khajehosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Publication of Jihad-e-Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran p. 147-168. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Majidian, M. 2008. Effects of nitrogen fertilizer, manure, and water stress in agro systems during different growth stages on quantitative and qualitative agronomic characteristics of corn (*Zea mays* L.). PhD Thesis in Agronomy, College of Agriculture, Tarbiat Modarres University. (In Persian with English Summary)

Makay, K.R., Schneiter, A.A., Johnson, B.L., Hanson, B.K., and Schatz, B.G. 1992. Influence of planting date on canola and crambe production. North Dakota Farm Research 49: 23-26.

Mason, M.G., and Brennan, R.F. 1998. Comparison of growth response and nitrogen uptake by canola and wheat following application of nitrogen fertilizer. Journal of Plant Nutrition 21: 1483-1499.

Masood, M., Shamsi, I.H., and Khan, N. 2003. Impact of row spacing and fertilizer levels (Diammonium phosphate) on yield and yield components of canola. Asian Journal of Plant Sciences 2(6): 454-456.

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2013. Available at Web site http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52 (verified 12 march 2013)

Moradi Telavat, M.R., Siadat, S.A., Nadian, H., and Fathi, G. 2008. Effect of nitrogen and boron on canola yield and yield components in Ahwaz, Iran. International Journal of Agricultural Research 3: 415-422.

Mostafavi Rad, M., Tahmasbi Sarvestani, Z., Modares Sanavi, S.A.M., and Ghalavand, A. 2011. Effect of nitrogen sources on seed yield, fatty acids composition and micro nutrients content in high yielding rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties. Seed and Plant Improvement Journal 26: 387-401. (In Persian with English Summary)

Norton, G., Bilsborrow, P.E., and Shipway, P.A. 1991.Comparative physiology of divergent types of winter

rapeseed. Organizing Committee, Saskatoon p. 578-582.

Olivera, M., Iribarne, C., and Lluch, C. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N_2 fixation by bean (*Phaseolus vulgaris*). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain 102: 157-160

Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Salehi, A., and Fasihi, K.H. 2002. Evaluation and comparison of yield and yield components of rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) in cold regions. Proceedings of the 7th Iranian Crop Sciences Congress, 24-26th August 2002, Karaj, Iran p. 55. (In Persian)

Ramanjaneyulu, A.V., Giri, G., and Kumar, S.R. 2010. Biofertilizers, nitrogen and phosphorus on yield and nutrient economy in forage sorghum affected by nutrient management in preceding mustard. Bio-Resource Management 2: 66-68.

Saiedi, G., and Sedghi, A. 2008. Effect of some macro and micro-nutrients on seed yield and other agronomic traits of two cultivars of rapeseed oil in Isfahan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 45: 77-88. (In Persian)

Sarmadnia, G., and Koocheki, A. 2004. Phisiology of Crop plants. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication. Mashhad, Iran p. 223-267. (In Persian)

Shamsaddin Saied, M., and Farahbakhsh, H. 2008. Qualitative and quantitative characteristics of canola under salty conditions for identifying resistance index. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 43: 65-78.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, Jodhpur, India p. 194-232.

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effects of Biofertilizer and green manure (winter wheat) in combination with integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences 3: 35-52. (In Persian with English Summary)

Singh, S., and Kapoor, K.K. 1998. Inoculation with phosphate solubilizing microorganism and a vesicular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat growth in a sandy soil. Biology and Fertility of Soil 28: 139-144.

Tabatabai, S.A., Ghasemi, A., and Shakeri, E. 2012. Effects of water stress on yield, yield components and oil content of canola. Crop Physiology 12: 41-53. (In Persian)

Tahmasbi, D., Zarghami, R., Vatanpour Azghandi, A., and Chaichi, M. 2011. Effects of nanosilver and nitroxin biofertilizer on yield and yield components of potato mini-tubers. International Journal of Agriculture and Biology 13: 986-990.

Tahmasebi Sarvestani, Z., and Mostafavi Rad, M. 2012. Effect of organic and inorganic nitrogen sources on quantitative and qualitative characteristics in three winter rapeseed cultivars in Arak. Electronic Journal of Crop Production 4: 177-194. (In Persian with English Summary)

Taleshi, K., and Osouli, N. 2011. Effective of phosphate biofertilizer on reducing use of chemical phosphate fertilizer and rice yield in Amol, Iran. World Applied Sciences Journal 12: 1314-1320.

Taylor, A.J., Smith, C.J., and Wilson, I.B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use efficiency of canola. Fertilizer Research 29: 249-260.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 179-189

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۱۸۹-۱۷۹

اثر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی و عملکرد، اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط مشهد

عفت غلامی شرفخانه[1*]، محسن جهان[2]، محمد بنایان اول[3]، علیرضا کوچکی[4] و پرویز رضوانی مقدم[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. سطوح مختلف کود گاوی (۲۵ تن در هکتار کود و بدون کود) به عنوان عامل کرت اصلی و انواع کودهای بیولوژیک (نیتروکسین، بیوسولفور، بیوفسفر، ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور)، ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر خالص۶۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود) به عنوان عامل کرت فرعی درنظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که کلیه صفات اندازه‌گیری شده شامل: ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی، عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد ساقه، درصد اسانس و عملکرد ماده خشک تحت تأثیر کود گاوی قرار گرفتند، به طوری‌که کاربرد کود گاوی منجر به افزایش معنی‌دار صفات مورد بررسی نسبت به عدم کاربرد گردید. بیشترین ارتفاع بوته و تعداد شاخه جانبی به ترتیب مربوط به گیاهان تحت تیمار ورمی‌کمپوست و ترکیب نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور بود. کود زیستی بیوسولفور بیشترین عملکرد ماده خشک، عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه را سبب شد. درصد اسانس نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت و کاربرد کود زیستی نیتروکسین، ورمی‌کمپوست و ترکیب نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور سبب تولید بیشترین درصد اسانس شدند. نتایج ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات بیانگر آن بود که بیشترین همبستگی به ترتیب بین عملکرد ماده خشک با عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه وجود داشت. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد کودهای آلی و زیستی در بهبود صفات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه تأثیری مثبت داشت، لذا می‌توان با استفاده بهینه از نهاده‌های طبیعی نسبت به تولید سالم گیاه دارویی مرزه اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده رشد گیاه، سیستم کم‌نهاده، عملکرد ماده خشک، کود گاوی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

استفاده از کودهای شیمیایی به عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک، صدمات زیست‌محیطی و اقتصادی جبران‌ناپذیری به دنبال داشته است. مطالعات بلند مدت نشان می‌دهند که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی، عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. این کاهش به علت اسیدی شدن خاک، کاهش فعالیت‌های بیولوژیکی خاک، افت خصوصیات فیزیکی خاک و عدم وجود ریزمغذی‌ها در کودهای NPK می‌باشد (Adediran et al., 2004). در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و آسیب‌های اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Ghost & Bhat, 1998). به منظور کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، پایداری نظام‌های کشاورزی در دراز مدت را نیز به دنبال داشته باشد (Murty & Ladha, 1988). با مدیریت صحیح حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست و منابع آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارآیی نهاده‌ها را نیز افزایش داد (Ghost & Bhat, 1998).

در حال حاضر کودهای بیولوژیک به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005). کودهای بیولوژیک در حقیقت شامل انواع ریزجانداران بوده (Chen,

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استادیار، دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: gholamisharafkhane.eghsh@gmail.com)

(2006; Vessey, 2003) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از حالت غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته (Rajendran & Devaraj, 2004) و منجر به جوانه‌زنی بهتر بذر و توسعه سیستم ریشه‌ای می‌گردند (Chen, 2006). باکتری‌های آزادزی در برخی از فرآیندهای کلیدی بوم‌نظام مانند کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی، چرخه عناصر غذایی و استقرار گیاهچه نقش دارند (Wu et al., 2005). امروزه به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن از طریق باکتری‌های همیار از جمله *Azospirillum* و *Azotobacter* در بوم نظام‌های کشاورزی توجه ویژه‌ای معطوف شده است (Tilak et al., 2005). این دو گونه باکتری در محیط ریشه گیاه توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و غیره را دارند که در افزایش رشد گیاه نقش مفید و مؤثری دارند (Kader, 2002). *Azotobacter* قادر به تولید ترکیبات ضدقارچی بر علیه بیماری‌های گیاهی بوده و همچنین سبب تقویت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه شده که در نهایت، بهبود رشد پایه گیاه را به دنبال دارد (Chen, 2006). *Azospirillum* علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیده و از این طریق در افزایش عملکرد مؤثر می‌باشد (Tilak et al., 2005). باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات گروهی از ریزجانداران را در بر می‌گیرند که با ترشح اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز قادر هستند که فسفر نامحلول در خاک را به شکل محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند و باعث افزایش رشد گیاه تحت شرایط کمبود فسفر قابل دسترس خاک شوند (Tilak et al., 2005). همچنین، این باکتری‌ها نیاز به استفاده از کودهای شیمیایی فسفره را کاهش می‌دهند (Vessey, 2003). از مهمترین جنس‌های این خانواده می‌توان به *Pseudomonas* و *Bacillus* اشاره کرد (Tilak et al., 2005). باکتری‌های *Thiobacillus* مهمترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک به شمار می‌روند، تلقیح خاک با این باکتری‌ها باعث افزایش سرعت اکسایش گوگرد خواهد شد. در صورتی‌که جمعیت این باکتری‌ها در خاک پائین باشد، مصرف گوگرد با این باکتری‌ها در خاک‌های قلیایی و آهکی اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (Rupela & Tauro, 1973). گزارش شده است که کود زیستی بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus*) همراه با گوگرد از طریق اکسایش گوگرد باعث تعدیل اسیدیته خاک، بهبود حلالیت و جذب فسفر و در نتیجه ارتقاء رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (Garcia, 1991).

مواد آلی به علت اثرات مفیدی که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و حاصلخیزی خاک دارند یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شوند و از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک مثل pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، باعث افزایش باروری خاک می‌شوند (Renato et al., 2003) تا جایی که برخی از پژوهشگران معتقد هستند که حاصلخیزی خاک را تنها با عرضه مواد آلی مانند کودهای دامی و ورمی‌کمپوست می‌توان حفظ و تجدید کرد (Pieri, 1989). ورمی‌کمپوست در نتیجه فعالیت گونه‌هایی از کرم‌های خاکی روی بستری از مواد آلی تولید شده و حاوی عناصر غذایی است که به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (Atiyeh et al., 2000). این ماده دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگهداری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی مناسب، فعالیت میکروبی زیاد و ظرفیت بالای نگهداری آب می‌باشد (Sangwan et al., 2008). کود دامی یکی دیگر از منابع کود آلی است که ضمن تأمین مقادیری عناصر غذایی، باعث حفظ و بهبود باروری خاک، افزایش ماده آلی، غنی‌سازی خاک و در نهایت بهبود رشد و نمو گیاه می‌شود. خاک‌هایی که با کود حیوانی تغذیه می‌شوند، علاوه بر جمعیت میکروبی فعال‌تر و غنی‌تر، مقادیر فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و نیترات قابل استفاده بیشتری نسبت به خاک‌های کشاورزی رایج دارند (Azeez et al., 2010).

گیاه دارویی مرزه با نام علمی *Satureja hortensis* L. از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است (Zargari, 1989). دارای گل‌های متعدد با اندازه ۱/۵ میلی‌متر، با برگ‌هایی نیزه‌ای شکل و دارای غدد ترشحی حاوی اسانس می‌باشند (Omidbeigi, 2000). مرزه گیاهی است معطر که اثرات مختلفی مانند درمان دردهای عضلانی، تهوع و بیماری‌های عفونی و گوارشی دارد (Vesquez et al., 2000). همچنین از این گیاه در مواد غذایی به عنوان چاشنی استفاده می‌شود (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). مرزه در بررسی های آزمایشگاهی اثرات ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدانت، خواب‌آور و ضد اسپاسم از خود نشان داده است (Ratti et al., 2001). به علاوه به دلیل وجود مواد معطر در گیاه جهت مصارف غذایی، تهیه نوشیدنی‌ها، مصارف صنعتی و همچنین به واسطه خواص ضد

باکتریایی و ضد قارچی همواره مورد توجه بوده است (Chen, 2006).

در زمینه استفاده از کودهای زیستی تاکنون تحقیقات زیادی انجام شده است. در بررسی کاربرد *Azotobacter* در رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، وزن تر و خشک گیاه و نیز درصد اسانس در مقایسه با تیمار شاهد افزایش قابل توجهی یافت (Kartikeyan et al., 2008). در تحقیقی بر روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مشاهده شد که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کودهای شیمیایی، سبب ایجاد بیشترین تعداد شاخه در گیاه شد (Azzaz et al., 2009). تحقیقات در زمینه اثر کاربرد کودهای دامی و به خصوص کود آلی ورمی‌کمپوست در سال‌های اخیر رو به افزایش بوده است. استفاده از ورمی‌کمپوست در سبزیجات نشایی، موجب افزایش رشد این گیاهان شد (Bachman & Metzeger, 1998). در آزمایشی روی کدو تنبل (*Cucurbita maxima* L.) مشاهده شد که با افزایش سطوح کودهای دامی، عملکرد ماده خشک به صورت خطی افزایش پیدا کرد (Azeez et al., 2010).

با توجه به اهمیت مدیریت تغذیه گیاهی در افزایش و پایداری تولید در کنار حفظ محیط زیست، این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای آلی، بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه و همچنین امکان‌سنجی ارایه روشی جایگزین در تولید سالم و عاری از بقایای شیمیایی مرزه در یک نظام زراعی کم‌نهاده طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در جنوب‌شرقی مشهد در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سطوح مختلف کود دامی (۲۵ تن در هکتار کود گاوی و بدون کود) به عنوان عامل کرت اصلی و انواع کودهای بیولوژیک (نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)، بیوسولفور (حاوی باکتری *Thiobacillus* sp.)، بیوفسفر (حاوی باکتری‌های *Pseudomonas* sp. و *Bacillus* sp.)، ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور)، ورمی‌کمپوست (هفت تن در هکتار)، کود شیمیایی NPK (با مقادیر خالص۶۰، ۶۰، ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)) به عنوان عامل کرت فرعی در نظر گرفته شدند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری و به منظور تعیین میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، pH و ظرفیت تبادل کاتیونی به آزمایشگاه ارسال شد (جدول ۱).

همچنین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کودهای دامی و ورمی‌کمپوست مورد استفاده تعیین شد (جدول ۲).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک زمین مورد کشت

Table 1- Some physico-chemical characteristics of experimental soil

بافت Texture	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (قسمت در میلیون) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) Potassium (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لومی- سیلت Loamy- silt	0.063	14	119	1.2	7.47

جدول ۲- درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کود های آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Nitrogen, phosphorus and potassium percentage in different manures used in experiment

	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (درصد) Available P (%)	پتاسیم قابل دسترس (درصد) Available K (%)
کود گاوی Cattle manure	0.28	0.07	0.2
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.5	1.5	1.2

بر اساس درصد نیتروژن هر کدام از کودهای آلی، نیاز کودی مرزه و اطلاعات خاک، مقدار مورد نیاز از هر کدام از کودهای آلی جهت اضافه کردن به خاک تعیین گردید. پس از پیاده کردن نقشه طرح و انجام عملیات خاکورزی، کرت‌هایی با ابعاد ۳×۲/۵ متر ایجاد و

در داخل هر کرت پنج ردیف کاشت ایجاد شد. حدود یک ماه قبل از کاشت کود دامی و نیز ورمی‌کمپوست به میزان مقادیر در نظر گرفته شده به کرت‌های مربوطه اضافه و توسط بیل دستی تا عمق ۲۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. کود شیمیایی (NPK)، یک روز قبل از کاشت در سطح کرت‌های مورد نظر اعمال شد. کشت روی ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و با فاصله کاشت پنج سانتی‌متر در روی ردیف و عمق ۱-۰/۵ سانتی‌متری خاک انجام گرفت. به دلیل ریز بودن بذر مرزه و نیز به منظور سهولت در کاشت، بذرها با نسبت یک به پنج با ماسه بادی مخلوط گردید. قبل از کشت، به منظور تلقیح کودهای بیولوژیک به شرح زیر عمل شد: در تیمار بیوفسفر، بذور ابتدا در یک ماده چسبناک و بی‌اثر (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) غوطه‌ور شده و پس از آن در پودر مایه تلقیح قرار گرفته و به خوبی مخلوط شدند (Koocheki et al., 2008)، در تیمار کود بیولوژیک نیتروکسین، از روش اختلاط کود با بذر به میزان دو لیتر در هکتار استفاده گردید و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه مورد کشت قرار گرفتند. در تیمار بیوسولفور، ابتدا پودر گوگرد و بیوسولفور براساس مقدار توصیه شده توسط شرکت تولیدکننده با یکدیگر مخلوط شدند، سپس در ردیف‌های کاشت اضافه شدند و بلافاصله کشت صورت گرفت. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر هفت روز یک‌بار به صورت نشتی انجام شد. برای رسیدن به تراکم مناسب، گیاهان در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله شش برگی تنک شدند. کنترل علف‌های‌هرز توسط وجین دستی در دو نوبت انجام گرفت. برداشت مرزه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی انجام گرفت. قبل از برداشت تعداد پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و ویژگی‌های مورد نظر اندازه‌گیری و ثبت شدند. به منظور تعیین عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و یک بوته از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف و از سطح باقی‌مانده عملکرد ماده خشک تعیین شد.

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 3- ANOVA (mean squares) of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	عملکرد ساقه Stem yield	محتوی اسانس Essential oil content	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
تکرار Replication	2	0.934^{ns}	0.166^{ns}	40800.470^{ns}	80760.721^{ns}	3.308^{**}	161611.61^{ns}
کود گاوی Cattle manure	1	50.380^{**}	36.214^{**}	2550289.292^{**}	5045872.126^{**}	0.173^{**}	18102462.31^{**}
خطای a Error a	2	2.005	2.000	18136.756	13776.167	0.009	106885.07
نوع کود Fertilizer type	6	15.690^{**}	15.884^{**}	331726.625^{**}	245630.216^{**}	0.237^{**}	1237267.39^{**}
کود دامی× نوع کود Cattle manure× fertilizer types	6	1.019^{ns}	1.214^{ns}	197700.625^{**}	150550.604^{*}	0.174^{**}	568049.67^{**}
خطای b Error b	24	1.685	1.701	38607.696	52294.442	0.006	94264.21
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.780	6.624	13.056	17.613	5.021	8.850

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

پنجاه گرم سرشاخه خشک شده از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر اسانس‌گیری شد (هر نمونه ابتدا کمی خرد و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شد و ۶۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه و سپس به مدت چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد) و در نهایت مقدار و درصد اسانس هر نمونه مشخص شد (Tahami et al., 2010). تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با

استفاده از نرم افزار SAS Ver. 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد ماده خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کود دامی و تیمارهای کودی مختلف تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک مرزه داشت (جدول ۳).

نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد ماده خشک در نتیجه تیمار بیوسولفور به دست آمد، اگر چه با بقیه تیمارها به جز شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

اثر متقابل کود دامی و کودهای مختلف بر عملکرد ماده خشک مرزه معنی‌دار بود (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد ماده خشک به ترتیب در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه تلقیح با نیتروکسین و شاهد حاصل شد (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 4- Mean comparisons of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار) Flowering shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})
کود گاوی Cattle manure						
کاربرد کود گاوی Application of cattle manure	47.7^{a}	20.6^{a}	1751.33^{a}	1644.94^{a}	1.70^{a}	4125^{a}
عدم‌کاربرد کود گاوی No application of cattle manure	45.5^{b}	18.7^{b}	1258.50^{b}	951.71^{b}	1.58^{b}	2812^{b}
نوع کود Fertilizer types						
نیتروکسین Nitroxin	46. 3^{abc}	17.3^{c}	1588.67^{ab}	1348.42^{b}	1.80^{a}	3707^{a}
بیوسولفور Biosulfur	47. 3^{abc}	20.1^{abc}	1790.00^{a}	1645.63^{a}	1.45^{bc}	3975^{a}
بیوفسفر Biophosphor	47.5^{ab}	18.7^{bc}	1635.50^{ab}	1276.90^{b}	1.70^{a}	3509^{a}
نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	44.6^{bc}	22.0^{a}	1568.50^{ab}	1176.75^{bc}	1.80^{a}	3500^{a}
ورمی‌کمپوست Vermicompost	48.5^{a}	19.2^{abc}	1350.00^{bc}	1277.40^{b}	1.81^{a}	3357^{a}
کود شیمیایی NPK	47.9^{a}	21.3^{ab}	1540.75^{ab}	1381.05^{ab}	1.30^{c}	3691^{a}
شاهد Control	44.4^{c}	18.9^{bc}	1061.00^{c}	982.13^{c}	1.65^{ab}	2542^{b}

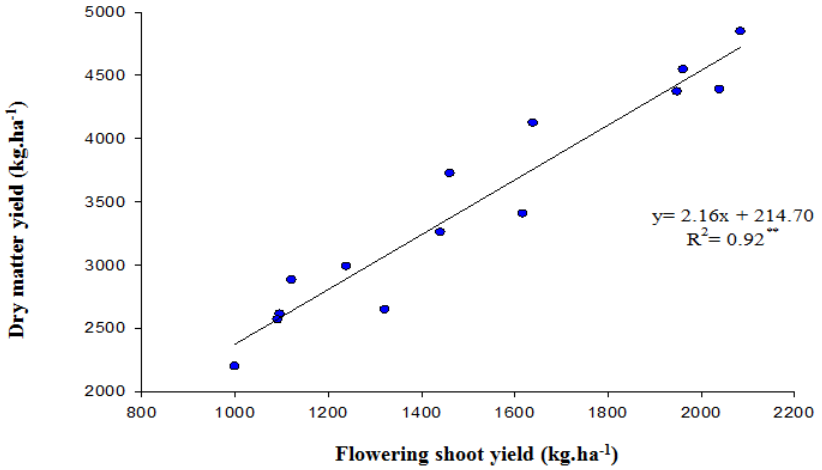
* برای هر گروه تیماری در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند (p≤۰/۰۵).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different (p≤ 0.05).

چنین به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی و کودهای بیولوژیک از طریق بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و ترشح انواع هورمون‌ها و مواد محرک رشد (نظیر سیتوکینین، اکسین، بیوتین و اسیدهای آلی) و نیز افزایش فراهمی عناصر غذایی (Kartikeyan et

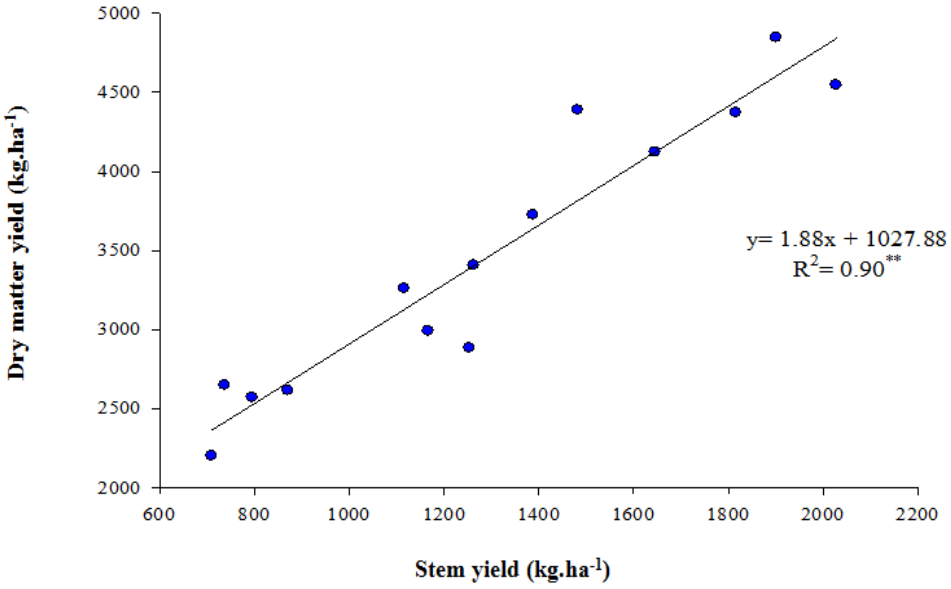
al., 2008) سبب افزایش فتوسنتز و در نهایت بهبود ماده خشک مرزه گردید. نتایج پژوهشی که بر روی نوعی تاج‌ریزی (*Solanum retroflexum* L.) انجام شد نشان داد که کاربرد کودهای دامی باعث افزایش عملکرد کل اندام‌های هوایی خشک گیاه گردید (Azeez et al., 2010).

رابطه بین عملکرد ماده خشک با عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه در شکل‌های ۱ و ۲ آمده است.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ماده خشک مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Fig. 1- Relationship between flowering shoot yield and dry matter yield of summer savory affected by different fertilizers



شکل ۲- رابطه بین عملکرد ساقه و عملکرد ماده خشک مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Fig. 2- Relationship between stem yield and dry matter yield of summer savory affected by different fertilizers

با توجه به همبستگی بالایی که بین عملکرد سرشاخه گلدار و ماده خشک ($r^2= 0.92^{**}$) و همچنین عملکرد ساقه و ماده خشک ($r^2= 0.90^{**}$) مشاهده می‌شود در تیمارهای مختلف افزایش در عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه باعث افزایش در عملکرد ماده خشک نیز شده است. نتایج مشابهی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) گزارش شده است (Aghhavani Shajari, 2012).

ارتفاع بوته

اثر کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۳)، به طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه کاربرد کود دامی به دست آمد (جدول ۴). یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه، تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه است، کودهای آلی، با تأمین تدریجی عناصر غذایی این عمل را به خوبی انجام داده و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند. در بین تیمارهای کودی مختلف، بیشترین ارتفاع بوته در نتیجه اعمال تیمار ورمی‌کمپوست به دست آمد، اگر چه با بقیه تیمارها به جز شاهد و ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۴). از آن‌جایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده ارتفاع گیاه است، به نظر می‌رسد که گیاهان تحت تیمار شاهد به علت کمبود مواد غذایی از رشد کمتری برخوردار بودند، در حالی‌که میزان مواد غذایی در کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده برای رشد رویشی گیاه مناسب بود. در تیمار ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به نظر می‌رسد که به دلیل رقابت ریزموجودات بر سر استقرار و مواد غذایی و یا تأثیر منفی (اثر ضدیتی) آن‌ها بر همدیگر به دلیل ترشح مواد بازدارنده خاص، هنگامی که با هم به‌کار برده شدند، گیاهان از نظر ارتفاع بوته اختلافی با شاهد نشان ندادند. برهمکنش کود دامی و تیمارهای مختلف کودی بر ارتفاع مرزه معنی‌دار نشد (جدول ۳)، اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی حدود پنج درصد این ویژگی را افزایش داد (جدول ۵). در آزمایشی تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر ارتفاع گیاه رازیانه گزارش شد (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). در برخی منابع به تأثیر مثبت کودهای بیولوژیکی در رشد گیاه دارویی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) (Vital et al., 2002) و رزماری (Leithy et al., 2006) گزارش شده است.

تعداد شاخه جانبی

اثر کود دامی بر تعداد شاخه جانبی مرزه معنی‌دار بود ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۳)، به طوری‌که صفت مذکور در نتیجه کاربرد کود دامی مقدار بیشتری نسبت به حالت عدم کاربرد آن داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها حاکی از این بود که در بین تیمارهای کودی مختلف، تیمار ترکیبی نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور بیشترین تعداد شاخه جانبی را ایجاد نمود که با تیمار ورمی‌کمپوست، بیوسولفور و کود شیمیایی تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۴). اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر تعداد شاخه جانبی معنی‌دار نبود (جدول ۳)، اما مقایسه میانگین‌ها نشان داد که استفاده از کود دامی این ویژگی را حدود ده درصد افزایش داد (جدول ۵). در شرایط یکسان محیطی، فراهم شدن عناصر غذایی برای گیاه توسط کودهای مختلف می‌تواند باعث افزایش رشد گیاه و متعاقباً تعداد شاخه فرعی گیاه شود (Tahami et al., 2010). در آزمایشی مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش شاخه‌های فرعی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Jahan & Koocheki, 2004). در پژوهشی دیگر، تلقیح با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*)، افزایش معنی‌داری را در تعداد گل و شاخه در گیاه دارویی رزماری سبب شد (Abdelaziz et al., 2007).

عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه

براساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳)، کود دامی و تیمارهای مختلف کودی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه داشتند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد کود دامی باعث افزایش ویژگی یاد شده گردید (جدول ۴) که علت آن را می‌توان به تأمین کافی و مناسب تمامی عناصر مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد توسط کود دامی نسبت داد (Tahami et al., 2010)، که شرایط مطلوب برای رشد و افزایش وزن گیاه را فراهم می‌نماید. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه در نتیجه تلقیح با کود زیستی بیوسولفور به دست آمد (جدول ۴).

اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر عملکرد سرشاخه گلدار و ساقه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد سرشاخه گلدار در درجه اول در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه تلقیح با نیتروکسین و در درجه دوم در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور و بیشترین عملکرد ساقه از کاربرد کود دامی به همراه بیوسولفور و همچنین از کاربرد کود دامی به همراه نیتروکسین به دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود گاوی و نوع کود بر برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه

Table 5- Mean comparisons of cattle manure and fertilizer types interaction on some measured characteristics of summer savory

	تیمار Treatments	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branch	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم در هکتار) Flowering shoot yield (kg.ha^{-1})	عملکرد ساقه (کیلوگرم در هکتار) Stem yield (kg.ha^{-1})	محتوی اسانس (درصد) Essential oil content (%)	عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})
کاربرد کود دامی Application of cattle manure	نیتروکسین Nitroxin	47.333^{ab*}	18.667^{bcd}	2085^{a}	1901.0^{a}	1.90^{bc}	4845.7^{a}
	بیوسولفور Biosulfur	47.833^{ab}	20.500^{bc}	1962^{ab}	2028.0^{a}	1.36^{gh}	4545.3^{ab}
	بیوفسفر Biophosphor	49.333^{a}	19.667^{bcd}	1949^{ab}	1816.0^{ab}	1.50^{fg}	4371.0^{ab}
	نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	45.500^{bcd}	23.000^{a}	2040^{a}	1482.2^{bcd}	2.10^{a}	4387.2^{ab}
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	49.500^{a}	19.833^{bcd}	1461^{cd}	1387.9^{cd}	2.00^{ab}	3725.2^{cd}
	کود شیمیایی NPK	49.333^{a}	23.000^{a}	1640^{bc}	1645.5^{abc}	1.30^{h}	4122.3^{bc}
	شاهد Control	45.667^{bc}	19.667^{bcd}	1122^{def}	1254.0^{cde}	1.80^{cd}	2883.3^{ef}
عدم‌کاربرد کود دامی No application of cattle manure	نیتروکسن Nitroxin	45.333^{bcd}	16.000^{e}	1092^{ef}	795.8^{fg}	1.70^{de}	2569.3^{fg}
	بیوسولفور Biosulfur	46.833^{b}	19.833^{bcd}	1618^{bc}	1263.3^{cde}	1.53^{fg}	3406.3^{de}
	بیوفسفر Biophosphor	45.833^{bc}	17.833^{de}	1322^{cdef}	737.8^{g}	1.90^{bc}	2647.9^{fg}
	نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور Nitroxin+ biophosphor+ biosulfur	43.833^{cd}	21.167^{ab}	1097^{ef}	871.3^{efg}	1.50^{fg}	2614.6^{fg}
	ورمی‌کمپوست Vermicompost	47.667^{ab}	18.667^{bcd}	1239^{def}	1166.9^{def}	1.63^{ef}	2989.9^{ef}
	کود شیمیایی NPK	46.500^{b}	19.667^{bcd}	1441^{cde}	1116.6^{defg}	1.30^{h}	3259.8^{de}
	شاهد Control	43.167^{d}	18.167^{cde}	1000^{f}	710.3^{g}	1.50^{fg}	2200.9^{g}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

* In each column, means which followed by the same letter(s) are not significantly different ($p\leq 0.05$).

گزارش شد که کاربرد توأم کودهای آلی با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری *Thiobacillus* از طریق بهبود وضعیت خاک، افزایش اکسایش گوگرد و افزایش کربن آلی خاک، باعث افزایش زیست‌توده تولیدی ذرت (*Zea mays* L.) گردید (Mohamadi-Ariya et al., 2010).

درصد اسانس

درصد اسانس مرزه تحت تأثیر کود دامی قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۳). بالا بودن درصد اسانس در گیاهان تحت تیمار کودهای آلی را شاید بتوان به تأثیر عمومی و مثبت این کودها بر ویژگی‌های رشدی گیاه نسبت داد. به عبارت دیگر، درصد نسبتاً بالای اسانس در گیاهان تحت تیمارهای کود آلی به خاطر نمود بهتر گیاه مثلاً تولید سطح برگ و ماده خشک بیشتر در اثر مصرف این کودها دانست (Tahami, 2010). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) گزارش نمودند که در شرایط تلقیح با مایکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. آنها دلیل این امر را به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند. نتایج مطالعه شباهنگ و همکاران

(Shabahng et al., 2014) نشان داد که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت.

اثر کاربرد تیمارهای کودی مختلف بر درصد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین درصد اسانس در نتیجه استفاده از ورمی‌کمپوست، نیتروکسین، بیوفسفر و ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به دست آمد (جدول ۴). اثر متقابل کود دامی و تیمارهای کودی مختلف بر درصد اسانس معنی‌دار شد (جدول ۳). بیشترین درصد اسانس در نتیجه کاربرد کود دامی به همراه ترکیب نیتروکسین+ بیوفسفر+ بیوسولفور به دست آمد (جدول ۵). در پژوهشی بر روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) مشاهده شد که مقدار درصد اسانس گیاه با مصرف کود گاوی افزایش یافت (Aghhavani Shajari, 2012). نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که اثر مثبت کودهای بیولوژیک بر درصد اسانس گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) بیشتر از کودهای شیمیایی بود (Gharib et al., 2008).

همبستگی صفات مورد مطالعه با عملکرد ماده خشک

برای تعیین عملکرد ماده خشک با معیارهای اندازه‌گیری شده، ضرایب همبستگی خطی برای هر یک از آن‌ها محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۶ منعکس شده است.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود برخی صفات مطالعه شده با عملکرد ماده خشک همبستگی مثبت و معنی‌دار و برخی فاقد همبستگی هستند. در بین صفات مورد مطالعه عملکرد سرشاخه گلدار و عملکرد ساقه بیشترین همبستگی مثبت را با عملکرد ماده خشک نشان دادند.

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین برخی صفات اندازه‌گیری شده مرزه تحت تأثیر تیمارهای کودی مختلف

Table 6- Correlation of some measured characteristics of summer savory affected by different fertilizers

	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	عملکرد ساقه Stem yield	درصد اسانس Essential oil	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
ارتفاع بوته Plant height	1					
تعداد شاخه جانبی No. of lateral branches	0.24^{ns}	1				
عملکرد سرشاخه گلدار Flowering shoot yield	0.55^{*}	0.45^{ns}	1			
عملکرد ساقه Stem yield	0.71^{**}	0.47^{ns}	0.82^{**}	1		
درصد اسانس Essential oil	-0.07^{ns}	-0.11^{ns}	0.13^{ns}	0.04^{ns}	1	
عملکرد ماده خشک Dry matter yield	0.67^{**}	0.50^{ns}	0.96^{**}	0.95^{**}	0.10^{ns}	1

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and **: Indicates non-significant and significant at the 5 and 1% probability levels, respectively.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و ورمی‌کمپوست، به تنهایی و یا در ترکیب با کود دامی، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی مرزه، تأثیری مثبت داشته است. عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها، شرط

اصلی سالم و طبیعی بودن آن‌ها است، بنابراین، با توجه به پاسخ مثبت گیاه دارویی مرزه به کاربرد کودهای آلی و بیولوژیک، به نظر می‌آید که به‌کارگیری این کودها ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و نیز نداشتن عواقب سوء زیست‌محیطی، روشی مناسب برای تولید سالم و پایدار این گونه محصولات می‌باشد.

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici cluj-Napoca 35: 86-90.

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

Aghhavani Shajari, M. 2012. Effects of single and combined application of nutrients on quantitative and qualitative indices of coriander (*Coriandrum sativum* L.). MSc Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D., and Shuster, W. 2000. Effect of vermicomposts and composts in horticultural container media and soil. Pedo Biologia 44: 579-590.

Azeez, J.O., Van Averbeke, W., and Okorogbona, A.O.M. 2010. Differential responses in yield of pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) and nightshade (*Solanum retroflexum* Dun.) to the application of three animal manures. Bioresource Technology 101: 2499-2505.

Azzaz, N.A., Hassan, E., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral Fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 579-587.

Bachman, G.R., and Metzeger, J.D. 1998. The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biologia 32: 419-423.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand 11 pp.

Garcia, O. 1991. Isolation and characterization of *Aciditiobacillus thiooxidans* and *Aciditiobacillus ferrooxidans* from mineral minees. Revista Berasileira de Microbiologia 20: 1-6.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and biofertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. International Journal of Agricultura and Biology 10(4): 381-387.

Ghost, B.C., and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environment and Pollution 102: 123-126.

Jahan, M., and Koocheki, A. 2004. Effect of organic production of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) on its chemical composition. Pajouhesh and Sazandegi 61: 87-95. (In Persian with English Summary)

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kartikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Bionterfaces 62: 143-145.

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 127-137. (In Persian with English Summary)

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Applied Research 2: 773-779.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil

content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Mohamadi-Ariya, M., Lakziyan, A., and Haghniya, G. 2010. Evaluation of *Thiobacillus* bacteria and *Aspergillus* inoculum effect on corn growth. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 82-89. (In Persian)

Murty, M.G., and Ladha, J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. Plant and Soil 108: 281-285.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants, Vol. III. Astanghods Razavi Publisher, Mashhad. (In Persian)

Pieri, C. 1989. Fertilite des terres de savane. Bilan de trente ans de recherche eet de development agricole au sud-du sahara. Ministere de la cooperation et CIRAD-IRAT (Eds.) Paris 444 pp.

Rajendran, K., and Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by rhizobecteria, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiol Research 156: 145-149.

Renato, Y., Ferreira, M.E., Cruz, M.C., and Barbosa, J.C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under influence of liming, vermicopmpost and cattle manure. Bioresource Technology 60: 59-63.

Rupela, O.P., and Tauro, P. 1973. Utilization of thiobacillus to reclaim alkali soils. Soil Biology and Biochemistry 5: 899-901.

Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Vermiconversion of industrial sludge for recycling the nutrients. Bioresource Technology 99: 8699-8704.

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with Mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Tahami, S.M.K. 2010. Evaluation of the effects of organic, biological and chemical fertilizers on yield, yield components and essential oil of basil (*Ocimum basilicum* L.). MSc Thesis Faculty Agriculture Ferdowsi Universuty of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Tahami, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil percentage of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2: 70-82. (In Persian with English Summary)

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Shilpi Mittal, A., Tripathi, K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Vesquez, P., Holguin, G., Puente, M.E., Lopez-Cortes, A., and Bashan, Y. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. Biology and Fertility of Soils 30: 460-468.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Zargari, A. 1989. Medicinal Plants. Tehran University Publisher, Tehran, Iran. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 190-201

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۰۱-۱۹۰

ارزیابی بهره‌وری آب در تولید چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در مناطق چای‌کاری استان گیلان

کوروش مجد سلیمی[1*]، ابراهیم امیری[2] و شهرزاد شایگان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۰۱

چکیده

یکی از عوامل اصلی در استفاده بهینه از آب برای تولید محصولات کشاورزی، بهره‌وری آب است. در این پژوهش میزان بهره‌وری آب در شش باغ چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) فاریاب و سه باغ دیم (بدون آبیاری) در شرایط مدیریت کشاورز طی دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ ارزیابی شد. میزان عملکرد هر باغ در برداشت‌های متوالی، اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک به روش وزنی و با استفاده از معادله بیلان آب در دوره رشد انجام گرفت. حجم آب ورودی به سیستم آبیاری و حجم آب رسیده به سطح زمین نیز اندازه‌گیری شد. میانگین عملکرد چای ساخته شده در باغ‌های تحت آبیاری و دیم به ترتیب برابر ۲۸۴۳ و ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب ناخالص (آبیاری ناخالص و بارندگی مؤثر) و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در باغ‌های آبیاری شده به ترتیب برابر ۴/۳۹ و ۴/۵۵ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی و میانگین بهره‌وری آب (تبخیر- تعرق واقعی) و بهره‌وری آب آبیاری واقعی به ترتیب برابر ۵/۱۸ و ۶/۶۱ کیلوگرم چای در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی به دست آمد. میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های دیم برابر ۳/۴ کیلوگرم چای ساخته شده در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر بود. از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر کاهش بهره‌وری آب در وضعیت فعلی باغ‌های چای می‌توان به مدیریت داشت و برداشت (برگ‌چینی غیراستاندارد و با فواصل طولانی) نامناسب و مسائل اقتصادی اشاره نمود. علاوه بر این، بهره‌برداری و نگهداری نامناسب و قدیمی بودن سیستم‌های آبیاری و برنامه‌ریزی آبیاری غیراصولی در باغ‌های چای تحت آبیاری نیز بر کاهش مقادیر این شاخص بسیار مؤثر بوده است. مقایسه نتایج این پژوهش با مقادیر عملکرد و بهره‌وری آب در شرایط مصرف بهینه آب و کود در تحقیقات گذشته نشان می‌دهد که با اجرای روش‌ها و مدیریت آبیاری مناسب و اعمال تدابیر داشت و برداشت اصولی می‌توان بهره‌وری آب را در باغ‌های چای ارتقاء داد.

واژه‌های کلیدی: آبیاری بارانی، آبیاری تکمیلی، باغ‌های دیم، عملکرد چای، کارآیی مصرف آب

مقدمه

با افزایش جمعیت و مصرف سرانه چای (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) در کشور، تولید این محصول در مناطق چای‌کاری استان‌های گیلان و مازندران با دو چالش تولید بیشتر و مدیریت بهتر منابع محدود آب مواجه است (Majd Salimi, 2008). چالش تولید محصول بیشتر با محدودیت‌های فزاینده آب، افزایش تولید محصول به ازای واحد حجم آب مصرفی را می‌طلبد (Majd Salimi, 2012). شاخص بهره‌وری آب نشان‌دهنده میزان تولید (عملکرد) در ازای واحد آب مصرفی در واحد هکتار است. بهره‌وری آب آبیاری در گیاهان مختلف، متفاوت گزارش شده است. تغییرات این شاخص به طور عمده به عوامل اقلیمی، مدیریت آبیاری و کود نسبت داده می‌شود (Molden et al., 2001). بر اساس مطالعه‌ای برای محصولات عمده کشاورزی کشور، مقدار بهره‌وری آب در شرایط مدیریت کشاورز برای گندم (*Triticum aestivum* L.)، چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، یونجه (*Medicago sativa* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) به‌ترتیب برابر ۰/۷۵، ۰/۶۴، ۲/۰۶، ۵/۵۸، ۰/۷۱، ۱/۴۶، ۰/۵۶ و ۰/۲۹ کیلوگرم محصول بر مترمکعب آب مصرفی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب محقق مرکز تحقیقات چای کشور، دانشیار دانشگاه آزاد واحد لاهیجان و محقق مرکز تحقیقات چای کشور
(*- نویسنده مسئول: Email: k_majdsalimi@yahoo.com)

گزارش شده است (Hedari et al., 2008).

در حال حاضر کشت و تولید چای در دو استان گیلان و مازندران در سطحی معادل با ۳۲ هزار هکتار صورت می‌گیرد (Majd Salimi, 2008). برداشت محصول از باغ‌های چای که بیشتر در اراضی دیم و کوهپایه‌ای قرار دارند در ماه‌های اردیبهشت تا آبان هر سال انجام می‌شود و تأمین آب مورد نیاز آن‌ها به توزیع بارندگی منطقه بستگی دارد (Majd Salimi & Mirlatifi, 2008). با وجود بارندگی سالیانه حدود ۱۱۰۰ میلی‌متر در این مناطق، فقط ۳۰ درصد از این میزان به دوره برداشت چای تعلق دارد (Majd salimi, 2012).

با توجه به محدودیت آب و اراضی قابل کشت، مهم‌ترین راه افزایش تولید چای، افزایش عملکرد در واحد سطح و تولید به ازای واحد آب مصرفی (بهره‌وری آب) است. برای دستیابی به هدف افزایش بهره‌وری آب در مناطق چای‌کاری، اعمال مدیریت باغی (داشت و برداشت) و آبیاری مناسب، ضروری است (Carr, 2010b; Stephens & Carr, 1994). بنابراین، تأمین آب مورد نیاز بوته‌های چای با استفاده از آبیاری تکمیلی و اصول صحیح بهره‌برداری، مهم‌ترین و اساسی‌ترین مسأله در بهبود و افزایش عملکرد این محصول به شمار می‌آید (Stephens & Carr, 1991a).

بر اساس مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف چای‌کاری، میزان بهره‌وری آب بین ۰/۱۵ تا ۰/۹ کیلوگرم چای آماده در هکتار به ازای هر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است که این تغییرات به نوع سیستم آبیاری، میزان بارندگی و آبیاری، نوع کلون، میزان و نوع کود مصرفی، فصل، شرایط آب و هوایی، عملیات داشت و برداشت و سن بوته‌ها بستگی داشت (Stephens & Carr, 1991a; 1991b).

در مطالعه انجام شده طی دوره هشت ساله، دامنه تغییرات عملکرد خالص سالانه به آب مصرفی واقعی برای کلون ۶/۸ در شرایط بدون آبیاری و آبیاری کامل با کاربرد ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب بین ۲/۳ تا ۵/۳ و ۲/۷ تا ۴/۶ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی گزارش شد (Carr, 2010b).

در مناطق چای‌کاری ایران تاکنون مطالعه‌ای برای تعیین بهره‌وری آب در تولید محصول چای در شرایط مدیریت کشاورز انجام نشده است. نتایج برخی از تحقیقات صورت گرفته در شرایط مصرف بهینه آب و کود، بهره‌وری آب را در وضعیت دیم بین ۲/۱ تا ۶/۷ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر آب مصرفی (بارندگی) و در وضعیت آبیاری کامل بین ۴/۶ تا ۸/۷ کیلوگرم به ازای هر میلی‌متر آب مصرف (بارندگی و آب آبیاری) نشان می‌دهد. بر اساس نتایج این تحقیقات، تغییرات بهره‌وری آب به عوامل آب و هوایی (دمای بالا و کمبود رطوبت نسبی هوا)، مقدار کود نیتروژن کاربردی و دور آبیاری بستگی داشت (Majd Salimi et al., 2011; Majd Salimi, 2010). این پژوهش به منظور تعیین مقادیر عملکرد، آب مصرفی، بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب در باغ‌های چای استان گیلان، تحلیل عوامل مدیریتی داشت و برداشت و آبیاری در شرایط مدیریت باغ‌دار انجام شده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در نه باغ منتخب در شرایط مدیریت کشاورز در دوره رشد گیاه چای در سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به اجرا درآمد. انتخاب باغ‌های چای مورد نظر، بر اساس تفکیک کل اراضی چای‌کاری به سه منطقه چای‌کاری شرق، مرکز و غرب انجام گرفت. در هر منطقه دو باغ چای در شرایط فاریاب دارای آبیاری بارانی کلاسیک و یک باغ در شرایط دیم (بدون آبیاری) به صورت تصادفی خوشه‌ای انتخاب شدند. سه باغ چای دیم منتخب شامل باغ WS (منطقه غرب)، CN (منطقه مرکزی) و EM (منطقه شرق) بودند.

برای انتخاب باغ‌های چای تحت آبیاری، با توجه به این‌که در حال حاضر فقط از سیستم‌های آبیاری بارانی از نوع کلاسیک نیمه-متحرک (با جابه‌جایی دستی) و ثابت- آب‌پاش متحرک و در موارد محدودی از نوع کلاسیک تمام ثابت در اراضی چای‌کاری استفاده می‌شود. هم‌چنین به دلیل خرده مالکی بسیار زیاد در باغ‌های چای (بیشتر از ۹۵ درصد باغ‌های چای دارای مساحت کمتر از یک هکتار می‌باشند) و اجرای برخی از پروژه‌های آبیاری به صورت گروهی (بهره‌برداری مشاع)، نمونه‌ها برای ارزیابی سیستم آبیاری طوری انتخاب شد (تصادفی خوشه‌ای) تا شامل همه موارد فوق گردد. بر این اساس، سیستم‌های منتخب شامل دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابه‌جایی دستی) با مدیریت انفرادی (CG و CK)، یک سیستم آبیاری ثابت با مدیریت انفرادی (WA)، دو سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک با مدیریت انفرادی (WB و ED) و یک سیستم آبیاری بارانی کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک با مدیریت گروهی یا بهره‌برداری مشاع (EP) بود. جدول ۱ مشخصات کلی باغ‌های دارای سیستم آبیاری مورد ارزیابی در این پژوهش را نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات باغ‌های چای با سیستم آبیاری بارانی
Table 1- Tea fields profile with sprinkler irrigation system

نام باغ Farmer's fields	منطقه Region	سیستم آبیاری Irrigation system	مساحت (هکتار) Area (ha)	منبع آب Water source	فواصل آب‌پاش‌ها (متر در متر) Sprinkler spacing (m×m)	تعداد آب‌پاش در حال کار Number of sprinkler operation
WA	فومن Fouman	سیستم ثابت αSolid set	0.3	چاه سطحی Shallow well	15×12	3
WB	فومن Fouman	سیستم ثابت αSolid set	9	چاه عمیق Deep well	29×22	6
CG	لاهیجان Lahijan	سیستم نیمه‌متحرک @Semi-portable	0.5	چاه سطحی Shallow well	15×15	4
CK	لنگرود Langeroud	سیستم نیمه‌متحرک @Semi-portable	1.5	چاه نیمه‌عمیق Semi-deep well	15×15	5
EP	رودسر Roudsar	سیستم ثابت αSolid set	15	چاه عمیق Deep well	18×18	20
ED	رودسر Roudsar	سیستم ثابت αSolid set	1.8	چاه نیمه‌عمیق Semi-deep well	18×15	6

@: سیستم آبیاری از نوع جابه‌جایی لوله فرعی با دست
Irrigation system of hand-move laterals
α: سیستم آبیاری از نوع جابه‌جایی آب‌پاش با دست
Irrigation system of hand-move sprinklers

آزمایش‌های لازم جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در ابتدای آزمایش برای نه باغ منتخب تعیین (جدول ۳) و اندازه‌گیری کیفیت آب آبیاری برای شش باغ دارای سیستم آبیاری (جدول ۲) انجام شد.

برای تعیین بهره‌وری آب در باغ‌های چای، نیاز به مشخص نمودن نسبت عملکرد چای ساخته شده به میزان آب مصرفی است لذا وزن عملکرد برگ سبز چای در برداشت‌های متوالی در دوره رشد چای (فروردین تا آبان) برای تمام باغ‌ها اندازه‌گیری و با استفاده از ضریب تبدیل ۰/۲۲۵ (Anonymous, 2008) به عملکرد چای ساخته شده تبدیل گردید.

برای شش باغ منتخب دارای سیستم آبیاری بارانی کلاسیک، حجم ناخالص آب ورودی به سیستم آبیاری در طی دوره کم‌آبی (تیر و مرداد) به وسیله کنتور حجمی نصب شده در ابتدای سیستم آبیاری، اندازه‌گیری شد. در زمان آبیاری، میانگین دبی خروجی از آب‌پاش‌ها با استفاده از چند شیلنگ و ظروف مدرج ۲۰ یا ۴۰ لیتری وکرنومتر اندازه‌گیری گردید و با ضرب آن در تعداد آب‌پاش‌های در حال کار، حجم آب خروجی از آب‌پاش (آب آبیاری کاربردی) تعیین گردید. برای محاسبه هدر رفت احتمالی آب از محل اتصالات و شیر خودکارها (به علت خرابی و فرسودگی اتصالات) از تفاوت حجم ناخالص آب ورودی به سیستم و حجم آب آبیاری خارج شده از آب‌پاش‌ها استفاده شد.

در هر بار آبیاری برای اندازه‌گیری میزان آب رسیده به سطح زمین، در ابتدا لوله‌های جانبی در محل مناسبی از سیستم انتخاب شدند و سپس قوطی‌های جمع‌آوری آب (قوطی‌های آلومینیومی به ارتفاع ۱۲ سانتی‌متر و قطر داخلی ده سانتی‌متر) در شبکه‌های ۳×۳ (بین دو آب‌پاش دارای فشار متوسط) قرار داده شدند. در مدت آزمایش حجم آب جمع شده در قوطی‌ها به وسیله استوانه مدرج اندازه‌گیری و یادداشت گردید. همچنین یکی از ظروف مذکور که در شروع آزمایش دارای حجم مشخصی آب بود دور از آب‌پاش‌ها و در شرایطی مشابه با سایر ظروف اندازه‌گیری، برای تخمین میزان تبخیر از ظروف طی مدت آزمایش قرار داده شد. مدت زمان و تقویم آبیاری و مقدار آب اختصاص داده شده در طول دوره رشد، مطابق نظر باغدار بوده و تغییری در آن اعمال نگردید.

میزان بارندگی در هر منطقه با استفاده از دستگاه باران‌سنج نصب شده در محل، اندازه‌گیری و ثبت گردید. اندازه‌گیری و پایش رطوبت خاک در تمام باغ‌های منتخب با استفاده از روش نمونه‌گیری وزنی و معادله بیلان رطوبتی خاک (معادله ۱) در طول دوره رشد انجام گرفت.

$$I+P-(ETa+Dd+Ro)=\Delta S \qquad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، I و P: به ترتیب مقدار آب آبیاری و بارندگی مؤثر،

ETa، Dd و Ro: به ترتیب مقدار تبخیر- تعرق واقعی، عمق آب زهکشی شده و رواناب و ΔS تغییرات ذخیره رطوبت خاک است (واحدها بر حسب میلی‌متر می‌باشد).

در این تحقیق، برای باغ‌های چای منتخب در شرایط دیم (WS، CN و EM)، تولید به ازای واحد بارندگی مؤثر یا بهره‌وری آب مصرفی ناشی از بارندگی مؤثر (WPp) از معادله (۲) محاسبه شد:

$$WP_p = \frac{Y}{P}$$ معادله (۲)

در شرایط آبیاری بارانی تکمیلی (باغ‌های WA، WB، CG، CK، EP و ED)، بهره‌وری آب ناخالص (آب آبیاری ناخالص ورودی به سیستم و بارندگی مؤثر) و بهره‌وری آب واقعی (تبخیر- تعرق) (WUEI+P) تعیین گردید (معادله ۳).

$$WP_{(I+P)} = \frac{Y}{V_{(I+P)}}$$ معادله (۳)

همچنین، در باغ‌های تحت آبیاری، قطعه‌ای به مساحت ۱۰۰ مترمربع (با مدیریت داشت و برداشت یکسان) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد، سپس با استفاده از معادله (۴)، بهره‌وری آب مصرفی ناشی از آبیاری در اضافه عملکرد نسبت به شرایط دیم (قطعه شاهد) یا بهره‌وری آب آبیاری[1] (IWP) محاسبه گردید.

$$IWP = \frac{dY}{Vi}$$ معادله (۴)

در معادلات (۲)، (۳) و (۴)، Y: عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار)، P: بارندگی مؤثر (میلی‌متر یا مترمکعب) V(I+P): حجم ناخالص آب مصرفی یا مجموع ناخالص آب آبیاری و بارندگی مؤثر (میلی‌متر یا مترمکعب)، dY: اختلاف عملکرد هر باغ تحت آبیاری با قطعه شاهد در همان باغ (کیلوگرم در هکتار) و Vi: حجم ناخالص آب آبیاری (میلی‌متر یا مترمکعب) می‌باشد. علاوه بر موارد فوق، عملیات داشت، برداشت و مدیریت‌های به‌زراعی که توسط باغدار طی دوره بهره‌برداری در باغ‌ها انجام شد، ثبت و مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

جداول ۲ و ۳ نتایج حاصل از آزمایش کیفیت آب و خاک در باغ‌های چای منتخب مورد ارزیابی را نشان می‌دهد. آب تمام سیستم‌ها از چاه تأمین شده و در طبقه‌بندی ارائه شده توسط آزمایشگاه شوری خاک آمریکا، در کلاس C_2-S_1 قرار داشتند. بافت خاک در تمام باغ‌های چای از نوع لومی- رسی- شنی یا لومی- شنی بود که برای تولید چای بسیار مناسب است. در مورد عمق توسعه ریشه (۰/۶ تا ۰/۸ متر) در بوته‌های چای باید عنوان نمود چای گیاهی چندساله است و در شرایط طبیعی رشد ریشه‌های آن طی سال‌های بهره‌برداری تقریباً ثابت است. از نظر میزان عناصر فسفر و پتاسیم در خاک نیز تقریباً همه باغ‌ها در وضعیت مناسبی قرار داشتند. پرمصرف‌ترین و ضروری‌ترین کود مورد نیاز در باغ‌های چای کود نیتروژن از منبع اوره است زیرا تولید برگ‌ها و شاخساره‌های چای (محصول) منجر به تخلیه نیتروژن از خاک می‌گردد.

در بین باغ‌های آبیاری شده، کمترین مقدار مصرف کود اوره مربوط به باغ‌های WA و CG (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود و در سایر باغ‌ها، کود اوره بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت مخلوط با خاک به کار برده شد. پخش کود اوره در باغ‌های دیم بین ۴۰۰ تا ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار توسط کشاورزان انجام شد. به طور کلی، تمامی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک باغ‌های منتخب در محدوده مجاز قرار داشته و برای آبیاری بارانی محدودیت کاربردی نداشتند.

بهره‌وری آب در باغ‌های دیم

همان‌طور که از جدول ۴ مشاهده می‌شود، بیشترین میزان بارندگی مؤثر اندازه‌گیری شده در دو سال اجرای آزمایش به ترتیب مربوط به باغ‌های CN، WS و EM بود. در هر سه منطقه میزان بارندگی در سال ۱۳۸۹ کمتر از سال ۱۳۸۸ اندازه‌گیری و ثبت گردید (جدول ۳). با توجه به آمار بارندگی ثبت شده در هر منطقه و سایر اطلاعات هواشناسی ثبت شده طی دوره رشد در برخی از ایستگاه‌های تحقیقاتی چای نزدیک به باغ‌های منتخب نظیر دمای هوا و کمبود اشباع هوا (شکل‌های ۱ و ۲) می‌توان بیان کرد که شدت و مدت زمان خشکسالی در سال ۱۳۸۹ بیشتر از سال ۱۳۸۸ بود.

1- Irrigation water productivity

جدول ۲- خصوصیات کیفی آب آبیاری باغ‌های چای فاریاب
Table 2- Irrigation water quality characteristics in irrigated tea fields

نام باغ Farmer's fields	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس در متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	بی‌کربنات HCO^{-3}	کربنات O_3^{-2}	کلر Cl^-	نسبت جذبی سدیم SAR	طبقه‌بندی[1] Class
		(میلی‌اکی‌والان در لیتر) ($meq.L^{-1}$)								
WA	0.635	6.2	1.26	2.5	0.9	0.9	0	0.32	0.96	C_2-S_1
WB	0.515	6.5	1.35	2.1	2.4	1.6	0	0.30	0.90	C_2-S_1
CG	0.754	6.9	1.46	2.4	1.2	1.9	0.15	0.34	1.10	C_2-S_1
CK	0.696	6.8	1.44	1.9	0.8	3.1	0.20	0.32	1.24	C_2-S_1
EP	0.718	6.9	1.49	1.1	2.6	4.0	0.10	0.40	1.09	C_2-S_1
ED	0.685	7.1	1.48	1.3	2.8	2.2	0.18	0.41	1.03	C_2-S_1

۱ـ طبقه‌بندی بر اساس روش آزمایشگاه شوری خاک آمریکا است.
1- The method is based on soil classification laboratory of America

جدول ۳- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک در باغ‌های چای مورد آزمایش
Table 3- Physico-chemical characteristics of soil in experimental tea fields

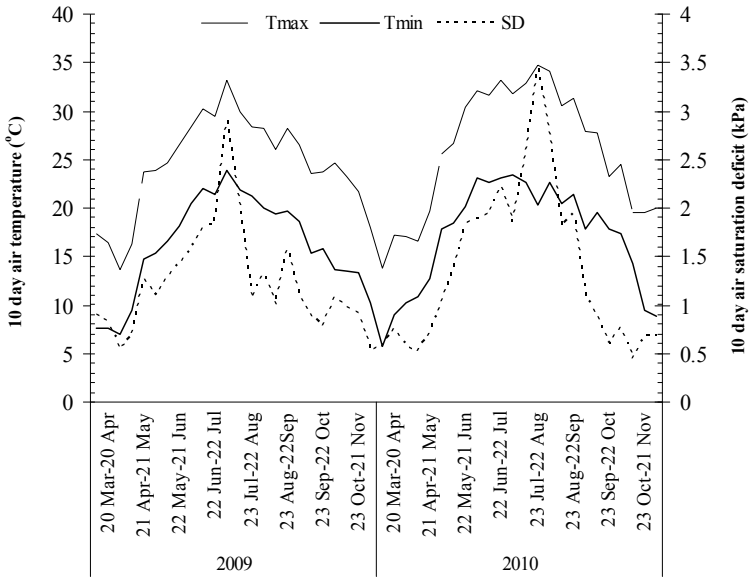
ویژگی Characteristic	باغ‌های چای آبیاری‌شده Irrigated tea fields						باغ‌های چای دیم Rain fed tea fields		
	WA	WB	CG	CK	EP	ED	WS	CN	EM
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)*	0.35	0.33	0.32	0.48	0.14	0.31	0.30	0.25	0.42
اسیدیته pH*	4.1	4.3	4.9	5.1	4.7	4.9	4.5	4.2	3.9
کربن آلی (درصد) OC (%)**	1.8	2.5	2.2	2.1	2.0	2.3	2.4	1.9	1.8
نیتروژن کل (درصد) Total N (%) **	0.17	0.21	0.19	0.17	0.16	0.20	0.25	0.13	0.21
فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Absorbable P (ppm)**	120	14	95	75	11	140	41	10.5	32
پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Absorbable K (ppm)**	240	203	185	112	114	186	206	117	98
بافت خاک Soil texture*	S.C.L	S.C.L	S.L	S.C.L	S.C.L	S.C.L	S.L	S.L	S.C.L
وزن مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌مترمکعب) Bulk density ($g.cm^{-3}$)*	1.38	1.41	1.40	1.37	1.36	1.34	1.42	1.46	1.35
ظرفیت زراعی (درصد وزنی) Field capacity (% W)*	20.9	19.7	18.1	20.4	22.5	22.3	19	18.2	20
حد پژمردگی دائم (درصد وزنی) PWP (% W) *	10.1	8.9	9.1	9.8	12.2	10	9.2	8.8	11.1
عمق توسعه ریشه (متر) Root depth (m)*	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.8	0.6	0.8
نفوذپذیری نهایی (میلی‌متر بر ساعت) Infiltration rate ($mm.hr^{-1}$)**	20	18	17	19	18	16	15	19	16

* این مقادیر مربوط به میانگین اعداد در سه عمق ۳۰-۰، ۶۰-۳۰ و ۹۰-۶۰ سانتی‌متر است.
* These values are the mean of three soil depth.
** اعداد مربوط به این پارامترها متعلق به عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک است.
** These values are related to 30 cm of soil depth.

جدول ٤- میزان عملکرد، بارندگی مؤثر، بهره‌وری آب (بارندگی مؤثر) در باغ‌های چای دیم منتخب

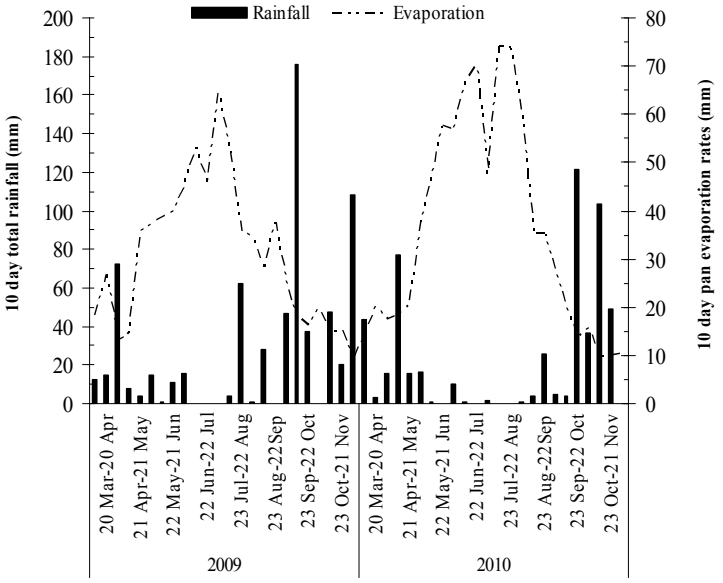
Table 4- Amount of yield, effective rainfall and water productivity in rainfed tea fields

نام باغ Farmer's fields	سال Year	مساحت (هکتار) Area (ha)	عملکرد برگ سبز (کیلوگرم در سطح کشت) Yield of green leaf (kg per area farms)	عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار) Yield of made tea ($kg.ha^{-1}$)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)	بهره‌وری آب بارندگی مؤثر (کیلوگرم در هکتار بر میلی-متر) WP_p ($kg.ha^{-1}.mm^{-1}$)
WS	2009	9	46080	1152	320	3.6
	2010		37752	944	286	3.3
CN	2009	1.5	9960	1494	390	3.8
	2010		8060	1209	345	3.5
EM	2009	0.42	1897	1016	308	3.3
	2010		1412	757	261	2.9
		میانگین دو سالانه Average of 2 years		1095	318	3.4



شکل ۱- میانگین (ده روزه) دمای حداکثر و حداقل هوا و کمبود فشار بخار اشباع هوا در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Fig. 1- 10 days average of maximum and minimum of air temperature and air saturation deficits at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010



شکل ۲- میانگین (ده روزه) بارندگی و تبخیر از تشت در ایستگاه تحقیقات چای فشالم در فومن، فروردین تا آبان دو سال ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹

Fig. 2- 10 days average of total rainfall and pan evaporation rates at Feshalam Tea Research Station, 20 March to 21 November in 2009-2010

دمای هوای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و کمبود فشار بخار اشباع بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (شکل ۱)، بارندگی بسیار اندک و تبخیر زیاد (شکل ۲) در ماه‌های تیر و مرداد این موضوع را تأیید می‌نماید. بر این اساس، کاهش عملکرد در سال دوم آزمایش در هر سه باغ دیم منتخب قابل انتظار بود.

با مشاهده میزان عملکرد و بارندگی مؤثر در باغ‌های چای بدون آبیاری در دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ (جدول ۴) می‌توان نتیجه گرفت که ارتباط زیادی بین این دو عامل وجود دارد. به طوری‌که بیشترین میزان عملکرد چای در دو سال آزمایش (۱۴۹۴ و ۱۲۰۹ کیلوگرم در هکتار) متعلق به باغ CN با بارندگی ۳۹۰ و ۳۴۵ میلی‌متر بود. همچنین مدیریت داشت مناسب مانند مقدار و نحوه مناسب مصرف کود نیتروژن، انجام هرس‌های مورد نیاز، برداشت اصولی و به موقع برگ سبز چای در دوره رشد باعث گردید تا میزان عملکرد در این باغ بیشتر از سایر باغ‌های دیم گردد.

کمترین میزان عملکرد چای ساخته شده نیز در سال دوم آزمایش (۹۴۴ و ۷۵۷ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب از باغ‌های WS و EM با میزان بارندگی ۲۸۶ و ۲۶۱ میلی‌متر به دست آمد (جدول ۴). به طور کلی، تنش آبی ناشی از کمبود میزان بارندگی و تنش محیطی هوا نظیر دمای بیشتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد (Tanton, 1982) و کمبود فشار بخار اشباع هوا بیشتر از ۲/۱ کیلوپاسکال (Tanton, 1982) در برخی از ساعات روز در ماه‌های تیر و مرداد (شکل ۱) باعث شد تا میزان تولید برگ و شاخساره‌های چای (به عنوان عملکرد) کاهش زیادی یابد و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یابد.

نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین عملکرد چای ساخته شده در تمام باغ‌های دیم منتخب برابر ۱۰۹۵ کیلوگرم در هکتار بود که با احتساب میانگین بارندگی مؤثر ۳۱۸ میلی‌متر در کل دوره رشد به دست آمد. بنابراین، میانگین بهره‌وری آب در باغ‌های چای بدون آبیاری را می‌توان برابر ۳/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر در نظر گرفت.

در شرایط آزمایش تحقیقات قبلی، این شاخص برابر ۳/۱ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر (Majd Salimi & Mirlitifi, 2008) و در تحقیقی دیگر برابر با ۳/۴ کیلوگرم در هکتار به ازای هر میلی‌متر بارندگی مؤثر (Majd Salimi et al., 2011) گزارش شد. بهره‌وری آب در باغ‌های چای تانزانیا و مالاوی در فصل

گرم و خشک بین ۲/۱ تا ۳/۹ کیلوگرم بر هکتار به ازای هر میلی‌متر آب بارندگی گزارش شده است (Carr, 2010b).

به طور کلی، می‌توان بیان کرد که علاوه بر شرایط و عوامل آب و هوایی مؤثر در تولید محصول و بهره‌وری آب، تأثیر مدیریت داشت و تدابیر برداشت در باغ‌های چای دیم بسیار حائز اهمیت است. از ویژگی‌های مثبت و منفی مدیریتی مؤثر بر بهره‌وری آب در این باغ‌های چای می‌توان به این موارد اشاره نمود. استفاده از بقایای هرس سطحی بوته‌های چای به عنوان خاک‌پوش در هر سه باغ که باعث حفظ رطوبت و افزایش مواد آلی در لایه‌های سطحی خاک و در نتیجه افزایش بهره‌وری آب بارندگی شد. ایجاد حجم و سطح گسترش تاج مناسب برای بوته‌های چای که موجب کاهش تبخیر از سطح خاک و حفظ رطوبت آن گردید (فقط در باغ‌های WS و CN). تدابیر برداشت به موقع و اصولی، وجود درختان سایه‌انداز (باغ CN)، نوع و مقدار کود مصرفی به ویژه کودهای اوره و سولفات پتاسیم، همچنین میزان سواد (تحصیلات)، مهارت و دانش فنی کشاورز و مسائل اقتصادی (خرید به موقع و با قیمت مناسب برگ سبز چای) که در اداره امور مربوط به داشت و برداشت باغ چای نقش مناسبی داشت. آلوده بودن یکی از باغ‌های چای (WS) به نماتد مولد زخم ریشه که باعث کاهش عملکرد و بهره‌وری آب گردید. سن زیاد بوته‌ها (بیشتر از ۴۵ سال) در هر سه باغ چای که ممکن است باعث کاهش عملکرد مورد انتظار (عملکرد اقتصادی) و بهره‌وری آب شده باشد.

بهره‌وری آب در باغ‌های آبیاری شده

مقادیر مربوط به عملکرد، میزان مصرف آب آبیاری ناخالص و بارندگی مؤثر در جدول ۵ و مقادیر بهره‌وری آب ناخالص و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص برای باغ‌های چای آبیاری شده در دوره رشد سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است.

بیشترین مقدار بهره‌وری آب آبیاری و بهره‌وری آب مصرفی ناخالص در باغ ED به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴). حجم ناخالص آب ورودی به سیستم آبیاری این باغ، مقدار ۳۴۵۰ و ۳۹۱۷ مترمکعب آب برای آبیاری هر هکتار را در ماه‌های تیر و مرداد دو سال آزمایش نشان می‌دهد (جدول ۵). با در نظر گرفتن میزان بارندگی مؤثر، مقادیر مربوط به بهره‌وری آب ناخالص در این شرایط برابر ۰/۵۱۶ و ۰/۵۲۴ کیلوگرم در مترمکعب در هکتار به دست آمد (شکل ۴). مقادیر مربوط به بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در دو سال آزمایش برابر ۰/۵۷۵ و ۰/۵۴۹ کیلوگرم به ازای هر مترمکعب حجم ناخالص آب آبیاری بود (شکل ۳).

نوع سیستم آبیاری (کلاسیک ثابت- آب‌پاش متحرک)، مدیریت داشت (به خصوص میزان و نحوه پخش کود مورد نیاز) و تدابیر برداشت مناسب و در نتیجه عملکرد بیشتر، همچنین برنامه آبیاری مؤثر و کارآمد و بهره‌برداری مناسب از سیستم آبیاری و در نتیجه تلفات کمتر آب (حدود ۲۰ درصد) از مهم‌ترین دلایل افزایش نسبی شاخص‌های کارآیی در این باغ بود.

جدول۵- میزان عملکرد برگ چای ساخته شده، عملکرد قطعه شاهد، بارندگی مؤثر و حجم آب آبیاری ناخالص در باغ‌های چای فاریاب

Table 5- Green leaf and made tea yield, yield of control, effective rainfall and gross irrigation water volume in irrigated tea fields

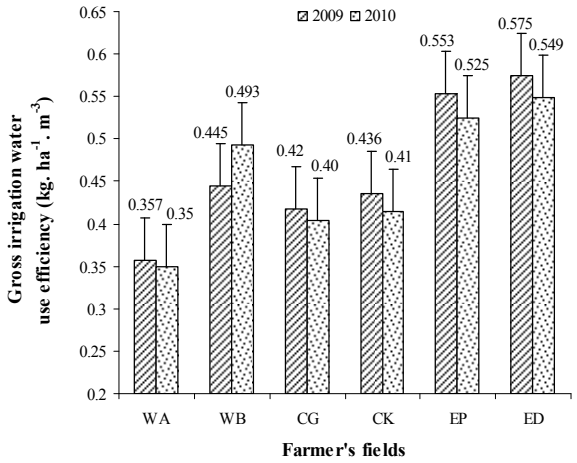
نام باغ Farmer's fields	سال Year	عملکرد برگ سبز (کیلوگرم در سطح کشت) Yield of green leaf (kg in area farms)	عملکرد چای ساخته شده (کیلوگرم در هکتار) Yield of made tea ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد شاهد[α] (کیلوگرم در هکتار) Yield of control ($kg.ha^{-1}$)	بارندگی مؤثر (میلی‌متر) Effective rainfall (mm)	آب آبیاری ناخالص (مترمکعب) Gross irrigation water (m^3)
WA	2009	2425	1819	1204	320	1720
	2010	2242	1686	1075	286	1950
WB	2009	128128	3203	1486	320	3857
	2010	139968	3499	1324	286	4412
CG	2009	5637	2537	1387	390	2768
	2010	5155	2405	1264	345	2820
CK	2009	19413	2912	1520	390	3189
	2010	18573	2786	1295	345	3106
@ EP	2009	1402	3156	1358	308	3250
	2010	1474	3318	1302	261	3840
ED	2009	26952	3369	1383	308	3450
	2010	27400	3425	1275	261	3917
میانگین دو سالانه (Average of 2 years)			2843	1322	318	3140

@: کل مساحت این باغ ۱۵ هکتار (بهره‌برداری مشاع یا گروهی) بود که مقادیر عملکرد برگ و مصرف آب مربوط به قطعه ۱۰۰۰ مترمربعی مورد آزمایش است.

@: The total area of this tea field (With the group operation) was 15 hectares, that the amount of green leaf yield and water consumption relate to 1000 m^2 is tested.

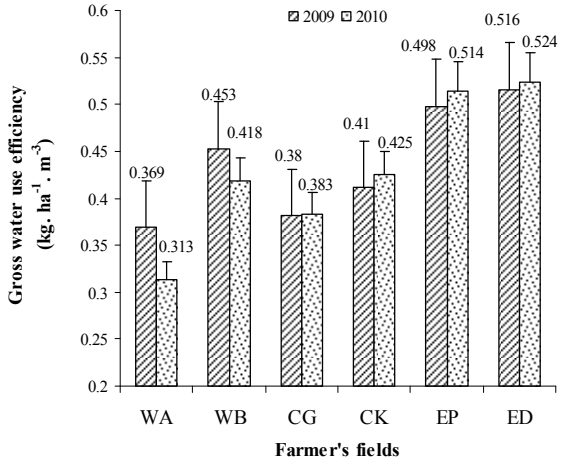
α: مقادیر عملکرد چای ساخته شده در این ستون مربوط به برداشت از قطعه ۱۰۰ مترمربعی به عنوان شاهد است.

α: Yield of made tea in this column relate to the harvest of 100 m^2 as control.



شکل ۳- میزان بهره‌وری آب آبیاری ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری

Fig. 3- Gross irrigation water productivity in irrigated tea fields



شکل ٤- میزان بهره‌وری آب ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری
Fig. 4- Gross water productivity in irrigated tea fields

جدول ٦- حجم آب آبیاری واقعی، تبخیر- تعرق، بهره‌وری آب آبیاری واقعی و بهره‌وری آب واقعی در باغ‌های چای تحت آبیاری
Table 6- Actual irrigation water volume, evapotranspiration, actual irrigation water productivity and actual water productivity in irrigated tea fields

نام باغ Farmer's fields	سال Year	آب آبیاری واقعی (متر مکعب) Actual irrigation water (m^3)	تبخیر- تعرق (میلی‌متر) ET* (mm)	بهره‌وری آب آبیاری واقعی (کیلوگرم بر هکتار بر مترمکعب) Actual irrigation WP$^{\alpha}$ ($kg.ha^{-1}.m^{-3}$)	بهره‌وری آب واقعی (کیلوگرم بر هکتار بر مترمکعب) Actual WP ($kg.ha^{-1}.m^{-3}$)
WA	2009	1070	427	0.574	0.426
	2010	1110	397	0.550	0.424
WB	2009	2458	566	0.698	0.566
	2010	3000	586	0.725	0.597
CG	2009	1832	573	0.632	0.442
	2010	1950	540	0.605	0.445
CK	2009	2100	600	0.663	0.485
	2010	1986	544	0.710	0.512
EP	2009	2540	562	0.707	0.561
	2010	3060	567	0.659	0.580
ED	2009	2792	587	0.711	0.573
	2010	3081	569	0.698	0.602
میانگین دو سالانه Average of 2 years		2248	543	0.661	0.518

*: تبخیر- تعرق (Evapotranspiration = ET) و α: بهره‌وری آب (Water productivity=WP)

به طور کلی، بهره‌وری آب در باغ‌هایی که دارای سیستم آبیاری بارانی ثابت- آب‌پاش متحرک بودند بیشتر از سایر سیستم‌های آبیاری حاصل گردید. بر این اساس پس از باغ ED بیشترین میزان بهره‌وری آب متعلق به باغ‌های EP و WB بود (با تلفات ۲۰ و ۳۴ درصدی آب آبیاری). برنامه آبیاری بهتر و مؤثرتر در ماه‌های تیر و مرداد (دوره خشکی) در این سه باغ سبب شد تا با تأمین نیاز آبی گیاه و تعدیل تنش‌های محیطی (دمای بالا و کمبود فشار بخار هوا) تا حد بسیار زیادی رشد و تولید شاخساره‌های چای افزایش و در نتیجه میزان بهره‌وری آب افزایش یابد.

کمترین میزان دو سالانه بهره‌وری آب واقعی (جدول ۶) و بهره‌وری آب ناخالص (شکل ۴) مربوط به باغ‌های WA، CK و CG بود. علی‌رغم این‌که باغ WA دارای سیستم آبیاری تمام ثابت بود اما

آبدهی کم منبع تأمین آب (چاه سطحی) و عدم تأمین مناسب نیاز آبی بوته‌های چای در دوره کم‌آبی (ماه‌های تیر و مرداد) سبب شد تا کمترین میزان عملکرد و در نتیجه بهره‌وری آب در این باغ حاصل شود. سیستم آبیاری در دو باغ CK و CG از نوع بارانی کلاسیک نیمه‌متحرک (با جابه‌جایی دستی) بود. تلفات آب از محل اتصالات لوله‌های آلومینیومی (به ترتیب ۳۵ و ۳۲/۵ درصد) باعث شد تا با توجه به محدودیت دسترسی به آب در این دو باغ، آب آبیاری به اندازه نیاز گیاه تأمین نشود و رشد شاخساره‌های چای (عملکرد) و در نتیجه بهره‌وری آب کاهش یابد.

نتایج و مشاهدات مؤید این نظریه است که یکی از مهم‌ترین دلایل پایین بودن مقادیر بهره‌وری آب در این مناطق عدم استفاده از اصول علمی به‌زراعی و تدابیر صحیح برداشت چای و در نتیجه کاهش عملکرد است. از عوامل مهم دیگر مؤثر بر این کاهش می‌توان به قدیمی بودن و بهره‌برداری و نگهداری غیراصولی از سیستم آبیاری و در نتیجه افزایش میزان تلفات آب، همچنین به تأثیر میزان دانش فنی و مسائل اقتصادی کشاورزان اشاره نمود.

به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که میانگین حجم آب آبیاری مصرفی ناخالص در باغ‌های چای تحت آبیاری حدود ۳۱۴۰ مترمکعب در هر هکتار است که از این میزان معادل ۸۹۲ مترمکعب آن (۲۸ درصد) به عنوان تلفات پاششی (ناشی از تبخیر) و نفوذ عمقی (ناشی از توزیع غیریکنواخت و نشت آب از شیر خودکارها و اتصالات دیگر آبیاری) محسوب می‌شود و در نتیجه میانگین حجم آب آبیاری واقعی برابر ۲۲۴۸ مترمکعب در هکتار خواهد بود (جدول ۶). با احتساب میانگین بارندگی مؤثر ۳۱۸ میلی‌متر در کل دوره رشد چای، میانگین تبخیر- تعرق (مجموع آب آبیاری مصرفی واقعی و بارندگی مؤثر) در این شرایط حدود ۵۴۳ میلی‌متر برآورد می‌شود (جدول ۶). با توجه به میانگین عملکرد چای ساخته شده در شرایط آبیاری (۲۸۴۳ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد قطعه شاهد یا بدون آبیاری (۱۳۲۲ کیلوگرم در هکتار)، بهره‌وری آب و بهره‌وری آب آبیاری ناخالص به ترتیب برابر ۰/۴۳۹ و ۰/۴۵۵ مترمکعب در هکتار (شکل‌های ۳ و ۴) و بهره‌وری آب و آب آبیاری واقعی برابر ۰/۵۱۸ و ۰/۶۶۱ مترمکعب در هکتار (جدول ۶) برآورد گردید. نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که با مصرف بهینه آب و کود و اعمال مدیریت داشت و تدابیر برداشت اصولی و مناسب می‌توان بهره‌وری آب را تا حدود ۰/۷۲ کیلوگرم چای ساخته شده بر مترمکعب ارتقاء داد (Majd Salimi, 2012).

به طور کلی می‌توان بیان کرد که با در نظر گرفتن سطح زیر کشت و نیاز آبی (حجم آب مصرفی) گیاه چای در مناطق چای‌کاری شمال کشور، بدیهی است که عدد حاصل برای گیاه چای با مقدار واقعی متوسط بهره‌وری آب کشوری و کشورهای چای‌خیز متفاوت بوده و مقدار آن کمتر به دست آمد و گویای آن است که شاخص مذکور در مناطق چای‌کاری در سال‌های اخیر، ارتقاء نیافته و ذکر عدد تقریبی ۰/۸ کیلوگرم بر مترمکعب برای شاخص کارآیی بر اساس نتایج حاصله از متوسط مصرف آب کشاورزی ایران (Hedari et al., 2006)، شاید صحیح نبوده و این عدد برای گیاه چای کم‌تر می‌باشد. نتایج بررسی همچنین نشان داد که مهم‌ترین عامل در افزایش بهره‌وری آب، مدیریت باغی به خصوص داشت و برداشت بوده و مهارت و دانش فنی کشاورزی، نقش کلیدی در این زمینه ایفا می‌نماید.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری تکمیلی به روش بارانی می‌تواند باعث افزایش عملکرد و بهره‌وری آب به ترتیب به میزان ۱۵۹ و ۲۹ درصد نسبت به باغ‌های دیم (بدون آبیاری) شود. بهره‌وری آب و آب آبیاری در باغ‌هایی که دارای سیستم آبیاری ثابت- آب‌پاش متحرک بودند بیشتر از سایر سیستم‌ها به دست آمد. بنابراین، برای تولید اقتصادی محصول و بهینه‌سازی مصرف آب در باغ‌های چای ضروری است تا از سیستم آبیاری بارانی برای تأمین نیاز آبی در ماه‌های کم‌آبی (تیر و مرداد) استفاده گردد. هم‌چنین، اعمال مدیریت صحیح داشت و برداشت به خصوص استفاده از بقایای هرس سالیانه به عنوان خاک‌پوش به منظور افزایش بهره‌وری آب در باغ‌های چای، بسیار ضروری است.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مصوب با عنوان "برآورد شاخص کارآیی مصرف آب در باغ‌های چای و بررسی مسایل فنی و مدیریتی لازم به منظور بهبود آن" به شماره ثبت ۸۸۰۰۶-۲۱-۲۱-۲ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی است که با امکانات مرکز تحقیقات چای کشور در

مناطق مختلف چای‌کاری استان گیلان اجرا گردیـد. بـدین وسـیله از تمامی دوستان همکار در اجرای پروژه، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Anonymous. 2008. Tea-Black Tea-Specifications and test methods. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. No. 623, 9 pp. (In Persian)

Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. I. Water relations. Experimental Agriculture 46(3): 327-349.

Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. II. Water productivity. Experimental Agriculture 46(3): 351-379.

Hedari, N., Eslami, A., Ghadami Furouzabadi, A., Kanoni, A., Asadi, M.E., and Khajeh Abdollahi, M.H. 2006. Determination and evaluation of agricultural water productivity of some major crops in different regions of Iran (Regions: Kerman, Hamedan, Moghan, Golestan, Khuzestan). Agricultural Engineering Research Institute, Iran 85 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 133 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K. 2008. Investigation and study of irrigation systems development and water use efficiency problems in tea fields. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 60 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., Salvatian, S.B., and Rezaeii, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran. Journal of Water and Soil 24(6): 1129-1141. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., and Mirlatifi, S.M. 2008. Tea (*Camellia sinensis* L.) yield response to irrigation and nitrogen fertilizer applications, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 12(44): 39-50. (In Persian with English Summary)

Molden, D., Murray-Rust, H., Sakthivadivel, R., and Makin, I. 2001. A water productivity framework for understanding and action. Workshop on Water Productivity. Wadduwa, Sri Lanka, 12-13 November 2001.

Stephens, W., Burgess, P.J., and Carr, M.K.V. 1994. Yield and water use of tea in southern Tanzania. Aspects of Applied Biology 38: 228-230.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experimental Agriculture 27: 177-191.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis* L.) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experimental Agriculture 27: 193-210.

Tanton, T.W. 1982. Environmental factors affecting the yield of tea (*Camellia sinensis* L.). I. Effects of air temperature. Experimental Agriculture 18: 47-52.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 202-214

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۱۴-۲۰۲

آیا کشاورزان حاضرند برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مشارکت مالی داشته باشند؟ (مطالعه موردی حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود)

حنانه آقاصفری[1*] و محمد قربانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۲۹

چکیده

هدف این مطالعه بررسی مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده با استفاده از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و بهره‌گیری از مدل توبیت به روش دو مرحله‌ای هکمن می‌باشد. برای دستیابی به هدف مورد نظر تعداد ۱۰۰ پرسشنامه به روش نمونه‌گیری تصادفی ساده، از کشاورزان حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود شهرستان مشهد در سال ۱۳۹۲ جمع‌آوری گردید. نتایج نشان داد که سن، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری مثبت و جنسیت، کل سطح زیر کشت، شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر تصمیم به تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده هستند. همچنین سن، نوع فعالیت کشاورزی، محصولات زیر کشت، کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه، از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری مثبت و پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک از جمله متغیرهای معنی‌دار با اثرگذاری منفی بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده هستند. نتایج همچنین نشان داد که میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در هکتار در طول سناریوها افزایش می‌یابد. با توجه به یافته‌های مطالعه، پیشنهادهایی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده ارائه شده است.

واژه‌های کلیدی: آب آلوده، ارزش‌گذاری مشروط، مدل توبیت، مشارکت مالی کشاورزان

مقدمه

توسعه کشاورزی برای پاسخگویی به نیاز روز افزون غذا، امری اجتناب‌ناپذیر است. اما در کنار آن، پیامدهایی ناخواسته و نامطلوب برای زندگی انسان‌ها و محیط زیست رخ می‌دهند که نیازمند چاره‌جویی و اصلاح می‌باشند. از جمله مهم‌ترین پیامدهای نامطلوب توسعه کشاورزی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی است (Ongley, 2003). در ارتباط با منابع آلاینده آب به ویژه در بخش کشاورزی مطالعات متعددی توسط حبیب‌زاده (Habibzadeh, 2005)، ناصری و همکاران (Naseri et al., 2006)، فاریابی و همکاران (Faryabi et al., 2006) و ناصری و علیجانی (Naseri & Alijani, 2007) به ترتیب در شمال دریاچه ارومیه، حوضه آبخیز قره‌سو (گلستان)، دشت باغ ملک و دشت ایذه خوزستان انجام شده است که نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که بر اثر استفاده از کود و سموم شیمیایی در این مناطق تغییرات سطح آنیون‌ها و به ویژه نیترات در اندازه‌گیری‌ها قابل رؤیت می‌باشد.

سموم و کودهای شیمیایی از زمین‌های کشاورزی به منابع آب راه پیدا می‌کنند که حدود ۱۵ درصد علت آلودگی آب را شامل می‌شود. سموم کشاورزی به طور مستقیم بر کیفیت آب تأثیر می‌گذارند ولی در مورد کودهای آلی وقتی این کودها به مقدار زیاد وارد خاک گردد، مازاد آن توسط آب‌های خروجی و به طریق زهکشی وارد رودخانه‌ها و یا دریاچه‌ها شده و با تأمین غذای جلبک‌ها باعث رشد سریع آن‌ها می‌شود. تجزیه این مواد سبزینه‌ای اکسیژن آب را مصرف و باعث مرگ موجودات آبزی شده و تدریجاً آب‌های ساکن با اجساد آن‌ها اشغال می‌گردد و سپس تجزیه توسط باکتری‌های هوازی آغاز می-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: h.aghasafari@yahoo.com)

شود. با کاهش اکسیژن باکتری‌های بی‌هوازی فعال می‌شوند که نتیجه فعالیت این باکتری‌ها اصطلاحاً مرگ رودخانه است، نشانه‌هایی که به وسیله آن‌ها می‌توان شرایط بی‌هوازی یا مرگ رودخانه را تشخیص داد (Ali Hosseini, 2011). همچنین مطالعات نشان می‌دهد که دور ریزی مایعاتی مانند فاضلاب شهری، فاضلاب‌های صنعتی و فاضلاب سیستم‌های سپتیک خانگی به خصوص ریختن آن در زمین‌های کشاورزی و دفع قانونی و یا غیرقانونی آن‌ها در منابع آب و سر ریز شدن و یا خرابی سیستم‌های فاضلاب، باعث آلودگی آب می‌شود (Ongley, 2003). جذب این آب آلوده توسط گیاهان سبب تهدید سلامت انسان در بلند مدت و ایجاد حساسیت‌ها در کوتاه مدت می‌شود. نتایج مطالعه معین‌الدینی و همکاران (Moinoddini et al., 2014) روی اثرات زیست‌محیطی سموم حشره‌کش مصرفی ثبت شده در کشور در سه سال زراعی ۸۱-۱۳۸۰، ۸۳-۱۳۸۲، ۸۴-۱۳۸۳ با استفاده از شاخص تأثیر زیست‌محیطی نشان داد که بر اساس شاخص تأثیر زیست‌محیطی، بیشترین مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از سوم حشره‌کش در کشور به دلیل عدم شناخت مناسب و استفاده بیش از اندازه معدودی از حشره‌کش‌ها می‌باشد.

رودخانه کشف‌رود به عنوان مهم‌ترین عارضه فیزیوگرافی دشت مشهد، زهکش اصلی حوضه آبریز محسوب می‌گردد. این رودخانه یکی از بزرگ‌ترین رودخانه‌های شمال شرق ایران محسوب می‌شود و نقش مهمی در تعادل زیستی، اکولوژی، اقتصادی و اجتماعی منطقه دارد. کاهش آبدهی مسیر رودخانه از یک سو و ورود انواع منابع آلاینده به داخل آن از سوی دیگر وضعیت کیفی آب رودخانه را در وضع موجود به مخاطره انداخته است. از جمله منابع آلاینده این رودخانه پساب کشاورزی اراضی حاشیه رودخانه و پساب حاصل از جوامع روستایی است که کشاورزان در ایجاد این آلاینده‌ها و آلودگی رودخانه دخیل هستند (Lashkaripour et al., 2010).

آلودگی آب رودخانه و در نتیجه آثار سوء این نوع رفتار منجر به تهدید سلامت انسان، سلامت آب و خاک و تهدید امنیت غذایی (کمیت و کیفیت تولید) می‌شود که لزوم مدیریت مطلوب در این حوزه را از طریق اصلاح این فرآیندها با مشارکت خود کشاورزان نشان می‌دهد. به عبارت دیگر، باید به نوعی رفتار کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد که در نهایت بتواند اصلاح یا کاهش آثار سوء زیست‌محیطی را در بر داشته باشد. به همین دلیل در این مطالعه تلاش می‌شود مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار گیرد. مطالعات داخلی و خارجی محدودی در ارتباط با هدف مطالعه انجام شده است که از اهم آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: چراغی (Cheraghi, 2013) به بررسی عوامل مؤثر بر تمایل به پرداخت کشاورزان مشهد برای بهبود کمیت و کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از الگوی توبیت و داده‌های مقطع زمانی ۱۹۵ نفر از کشاورزان در سال ۱۳۹۰ پرداختند. نتایج نشان داد که سن، درآمد کل، روش انتقال آب به شکل موتور پمپ، تغییر الگوی کشت و الگوی کشتی متناسب با منطقه بر میزان حداکثر تمایل به پرداخت برای افزایش کمیت آب زیرزمینی توسط کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس تأثیر معنی‌دار دارند. مالکیت اراضی بر میزان حداکثر تمایل به پرداخت برای بهبود کیفیت آب زیرزمینی توسط کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس تأثیر معنی‌داری دارند. میانگین حداکثر تمایل به پرداخت برای افزایش کمیت آب زیرزمینی در واحد حجم در سه گروه کشاورزان کوچک، متوسط و بزرگ مقیاس به ترتیب ۳۰۹/۱۶، ۳۲۸/۳۶ و ۳۵۹/۶۱ ریال در هر مترمکعب می‌باشد. تانگ و همکاران (Tang et al., 2013) تمایل به پرداخت برای آب آبیاری در شمال شرقی چین را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط و تخمین مدل لاجیت نشان داد که خانوارها تمایل به پرداخت پایینی دارند. همچنین متغیرهای اندازه خانوارها و میزان قیمت پیشنهادی تأثیر منفی و متغیرهای درآمد، ناحیه مورد آبیاری (زمین)، نوع منبع آبیاری مورد استفاده، میزان رضایت از مدیریت آبیاری تأثیر مثبت و معناداری بر تمایل به پرداخت برای آب آبیاری دارند در حالی‌که متغیرهای جنسیت، سن و تحصیلات تأثیر معنی‌داری بر تمایل به پرداخت ندارد.

بایدو و همکاران (Baidoo et al., 2013) به بررسی و تخمین تمایل به پرداخت کشاورزان برای دسترسی به آب بهبود یافته برای کشاورزی در ناحیه شمال شرقی غنا پرداختند. نتایج با استفاده از آمار توصیفی و تخمین مدل رگرسیون لوجستیک نشان داد که ۷۹/۵ درصد پاسخگویان مایل به پرداخت برای بهبود سیستم آبیاریشان هستند. همچنین نوع محصول و متغیر مجازی فصل تأثیر مثبت و نوع خاک تأثیر منفی و معناداری بر تمایل به پرداخت دارد. در حالی‌که متغیرهای جنسیت، شغل اصلی، اندازه خانوار، تحصیلات، ناحیه تحت کشت و سایر فعالیت‌های اقتصادی تأثیر معناداری بر تمایل به پرداخت ندارد. حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2011) در

مطالعه‌ای به ارزیابی منافع حاصل از کاهش آلودگی نیترات در آب‌های مصرفی شالی‌کاران استان گیلان با روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند. یافته‌ها مشارکت مالی ۵۴ درصد از بهره‌برداران در بهبود کیفی آب را نشان می‌دهد. به منظور انتفاع کشاورزان از سطوح پایین-تر آلودگی آب، میزان انتظاری تمایل به پرداخت معادل ۳۹۴۰۶۹ و ۴۳۷۸۵۵ ریال برای هر خانوار و در هر هکتار برآورد شده است. باغستانی و زیبایی (Baghestani & Zibaee, 2011) به اندازه‌گیری تمایل به پرداخت کشاورزان برای آب‌های زیرزمینی در منطقه مرودشت (دشت رامجرد) با استفاده از روش ارزش‌گذاری مشروط پرداختند. نتایج حاصل از تخمین الگوی رگرسیونی با استفاده از روش حداکثر (بیشینه) راست‌نمایی فاصله‌ای نشان داد که میانگین کلی تمایل به پرداخت ۹۴۷ ریال بر مترمکعب است. هم‌چنین نتایج نشان دادند که تمایل به پرداخت کشاورزانی که به طور تلفیقی از منبع آب زیرزمینی و آب سطحی استفاده می‌کنند کم‌تر از کشاورزانی است که فقط آب‌های زیرزمینی را در اختیار دارند. الگوی کشت، سطح زیر کشت شلتوک، درآمد و سن کشاورز و پراکندگی اراضی اثر معناداری بر تمایل به پرداخت نشان داده‌اند.

بررسی مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که بیش‌تر این مطالعات به آلودگی آب‌های زیرزمینی توجه داشته‌اند و تمایزی بین عوامل مؤثر بر تصمیم به تمایل به پرداخت و عوامل مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت قائل نشده‌اند. بنابراین این مطالعه تلاش می‌کند با استفاده از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و الگوی توبیت، مشارکت مالی کشاورزان و عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت و میزان مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده مورد بررسی قرار دهد. این مهم خود شاخصی از درجه اهمیت آب به عنوان منبع پایه‌ای تولید محصولات کشاورزی را از منظر کشاورزان نشان می‌دهد که می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های این حوزه مورد توجه برنامه‌ریزان این حوزه قرار گیرد و از مشارکت‌های مالی به عنوان ابزار اصلاح شرایط موجود آب و خاک استفاده کرد.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای بررسی مشارکت مالی (تمایل به پرداخت) از رهیافت ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است. در این رهیافت، تمایل به پرداخت (WTP[1]) افراد برای حفظ وضع موجود و یا ایجاد تغییری مثبت در محیط زیست و همچنین تمایل به دریافت (WTA[2]) آن‌ها برای جبران از دست دادن یک منفعت زیست‌محیطی یا افزایش یک ضرر زیست‌محیطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این رهیافت، هر دو ارزش قابل استفاده و غیر قابل استفاده قابل ارزیابی هستند و به دلیل این ویژگی به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pearce & Turner, 1990).

ارزش کالا و یا خدمت در روش ارزش‌گذاری مشروط، از طریق یک تکنیک استخراج، که مؤلفه مهم هر روش ارزش‌گذاری مشروط است، به دست می‌آید (Mitchell & Carson, 1989; Portney, 1994). تکنیک استخراج در مطالعات ارزش‌گذاری مشروط انواع مختلفی دارد. تاکنون از چهار نوع اصلی تکنیک‌های (رهیافت‌های) استخراج، موسوم به بازی پیشنهاد (BG[3])،کارت پرداخت (PC[4])، انتها باز یا سؤالات نامحدود (OE[5]) و انتخاب دو بخشی (DC[6])، در ادبیات موضوعی روش ارزش‌گذاری مشروط استفاده شده است (Boyle et al., 1996).

در این مطالعه به دلیل آن‌که کشاورزانی که مورد پرسش قرار گرفتند از اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده آگاه بودند و با پرداخت برای کاهش این آثار آشنا بودند، از تکنیک انتها باز استفاده شد. در واقع تکنیک انتها باز ساده‌ترین روشی است که می‌توان مورد استفاده قرار داد. در این روش از فرد خواسته می‌شود تا بیشینه میزان مورد نظرش را گزینش و اعلام کند. در عین حال، تحلیل داده‌های به دست آمده از این روش بسیار ساده است.

به منظور بررسی مشارکت مالی کشاورزان در چارچوب تمایل به پرداخت برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده از الگوی توبیت به روش دو مرحله‌ای هکمن استفاده شده است. دلیل اصلی بهره‌گیری از این الگو، نقص الگوهای لاجیت و پروبیت در تمایز بین عوامل مؤثر بر اقدام به تصمیم و عوامل مؤثر بر میزان فعالیت است (Darijani, 1999; Tobin, 1958).

در الگوی توبیت زمانی می‌توان متغیر وابسته را مشاهده کرد که مقدار آن از حد خاصی بالاتر یا پایین‌تر باشد (Mcdonald &

1- Willingness to pay
2- Willingness to accept
3- Bidding game
4- Payment card
5- Open ended
6- Dichotomous choice

Moffitt, 1982). الگوی توبیت برآورد شده برای کشاورزان به صورت زیر است:

معادله (۱)

$$C_i^* = \beta' X_i + \varepsilon_i^* \quad C_i = C_i^* \quad if \quad C_i^* > 0$$
$$C_i = 0 \quad if \quad C_i^* \le 0$$

که در آن، β': بردار ارزش مشخصه‌ای، X_i: یک بردار رگرس‌کننده بیان‌گر متغیرهای توضیحی مدل شامل سن، جنسیت، تحصیلات، شغل اصلی، تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی، نوع فعالیت کشاورزی، پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، محصولات زیرکشت، کل سطح زیرکشت، کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشد. ε_i^*: نیز جز اخلال است. برای کشاورزی که تمایل به مشارکت دارد، C_i^*: سطح واقعی تمایل به مشارکت مالی است و برای کشاورزی که تمایل به مشارکت مالی ندارد، C_i^* صفر است.

برای ساخت شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، سه دیدگاه مبنی بر این‌که جلوگیری از شستشوی خاک موجب افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود، جلوگیری از شستشوی خاک موجب کاهش آلودگی آب می‌شود و جلوگیری از شستشوی خاک موجب افزایش طول عمر سدها می‌شود، مطرح شد و میزان موافقت کشاورزان از کاملاً مخالفم تا کاملاً موافقم به ترتیب از یک تا پنج امتیازدهی شد. سپس مجموع امتیازهای این سه دیدگاه بر مجموع حداکثر میزان امتیاز سه دیدگاه تقسیم شد و مقدار به دست آمده به عنوان مقدار شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک به حساب آمد. همین‌طور برای شاخص موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کودها و سموم شیمیایی، مجموع امتیازهای چهار دیدگاه مبنی بر این‌که استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی موجب آلودگی آب می‌شود، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی موجب آلودگی خاک می‌شود، استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی تهدیدی برای سلامتی انسان می‌باشد و استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی و سموم کشاورزی تهدیدی برای حشرات مفید می‌باشد، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز چهار دیدگاه تقسیم شد. برای شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود نیز، مجموع امتیازهای سه دیدگاه مبنی بر این‌که سیستم تصفیه فاضلاب از کارآیی لازم برخوردار نمی‌باشد، فاضلاب‌های شهری وارد کشف‌رود می‌شود و فاضلاب‌های روستایی وارد کشف‌رود می‌شود، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز سه دیدگاه تقسیم شد. همچنین شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس از تقسیم مجموع امتیازهای دو دیدگاه مبنی بر این‌که آبی که برای کشاورزی استفاده می‌کنید، از کیفیت خوبی برخوردار است و خاکی که برای کشاورزی استفاده می‌کنید، از کیفیت خوبی برخوردار است، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز دو دیدگاه به دست آمد و برای شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک نیز مجموع امتیازهای دو دیدگاه مبنی بر این‌که سرمایه‌گذاری برای حفظ منابع طبیعی به منظور استفاده جامعه و نسل‌های آینده ضرورت دارد و لو بخشی از درآمدها و استانداردهای زندگی ما از دست برود و داشتن پول زیاد برای من مهم‌تر از حفظ آب و خاک حوضه کشف‌رود است هر قدر هم که ثروتمند باشم، بر مجموع حداکثر میزان امتیاز دو دیدگاه تقسیم شد.

مادالا (Madalla, 1983) معتقد است مشاهدات بالاتر از آستانه سانسور می‌تواند به صورت زیر بیان شود:

معادله (۲)

$$E(C_i) = E(C_i | C_i^* > 0) = \beta' X + E(\varepsilon_i | \varepsilon_i > -\beta' X_i)$$
$$E(C_i | C_i^* > 0) = \beta' X + \delta \frac{\phi(\beta' X_i/\delta)}{\Phi(\beta' X_i/\delta)}$$

به گونه‌ای که $\Phi(\beta' X_i/\delta)$ و $\phi(\beta' X_i/\delta)$: به ترتیب تابع چگالی نرمال استاندارد و تابع چگالی تجمعی نرمال استاندارد در مقدار $(\beta' X_i/\delta)$ هستند. سمت چپ عبارت در معادله (۲) یعنی ارزش پیش‌بینی C_i^* را زمانی که $-\beta' X_i > 0$ باشد، نشان می‌دهد. $E(\varepsilon_i | \varepsilon_i > -\beta' X_i)$ در معادله (۲)، امید ریاضی جز خطاست، زمانی که از $-\beta' X_i$ بزرگ‌تر باشد.

تصریح توبیت این امکان را فراهم می‌آورد که تصمیمات مرتبط با تمایل به مشارکت مالی و سطوح مشارکت مالی برای انجام تصمیم به تمایل به مشارکت مالی مورد توجه قرار گیرد. مک دونالد و موفیت (Mcdonald & Moffitt, 1982) رابطه میان کل مشاهدات، میانگین مشاهدات بالای نقطه سانسور متغیر وابسته و احتمال بالای نقطه سانسور بودن را به صورت زیر بیان کردند.

معادله (۳)

$$E(C_i) = \Phi(Z) E(C_i^*)$$

معادله (۴) $$Z = \frac{\beta' x_i}{\delta}$$

روش دو مرحله‌ای هکمن بر این فرض استوار است که مجموعه‌ای از متغیرها تصمیم کشاورزان در مورد تمایل به مشارکت مالی و مجموعه دیگر میزان مشارکت مالی را پس از اتخاذ تصمیم تحت تأثیر قرار می‌دهند. در این رهیافت، در مرحله اول الگوی پروبیت با استفاده از روش حداکثر راستنمایی برآورد می‌شود و عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی را بررسی می‌کند. برای برآورد الگوی پروبیت، مشاهدات مربوط به متغیر وابسته در بالای آستانه سانسور مساوی یک و سایر مشاهدات در پایین آستانه سانسور مساوی صفر قرار داده می‌شوند:

معادله (۵) $$Y_i = \beta' X_i + U_i \quad if \quad \begin{cases} i = 1 & Y_i > 0 \\ i = 0 & otherwise \end{cases}$$

در هنگام برآورد الگوی پروبیت، عکس نسبت میلز که برای برآورد مرحله دوم ضروری است نیز برآورد می‌شود. در مرحله بعد با استفاده از روش حداقل مربعات معمولی، متغیرهای مؤثر بر میزان تمایل به پرداخت از طریق معادله رگرسیونی زیر بررسی می‌شود:

معادله (۶) $$Y_i = \beta' X_i + \delta\, imr + U_i$$

در مرحله دوم مجدداً مقادیر متغیر وابسته به حالت پیش از تغییر در مرحله اول تبدیل می‌شوند و مشاهداتی که متغیر وابسته آن‌ها در پایین آستانه سانسور قرار دارد، از جریان برآورد حذف می‌شوند.

در این مطالعه برای دستیابی به نمونه مطلوب متناسب با اهداف مطالعه، از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد. دلیل استفاده از این روش آن است که جامعه مورد بررسی از تجانس و همگونی برخوردار بود. در نتیجه امکان استفاده از روش‌های دیگر مانند طبقه‌ای و ... وجود نداشت. همچنین برای تعیین تعداد نمونه‌ها از رابطه کوکران (Cochran, 1963) بهره گرفته شد. با توجه به این‌که حجم جامعه آماری (تعداد کشاورزان حوضه آبخیز کشف‌رود در سال ۱۳۹۲) به طور دقیق مشخص نیست. از این‌رو، به منظور تعیین حجم نمونه از رابطه زیر استفاده شد:

معادله (۷) $$n = \frac{t^2 s^2}{d^2}$$

در این رابطه، n: تعداد نمونه، d: دقت احتمالی مطلوب، s: انحراف معیار و آماره t برابر ۱/۹۶ می‌باشد. برای تعیین تعداد نمونه، یک پیش مطالعه انجام شد که در آن ۲۰ پرسشنامه تکمیل شد. نتایج بررسی این پیش مطالعه نشان داد که واریانس صفت مورد مطالعه (تمایل به پرداخت) برابر با ۰/۲۶ می‌باشد. بر این اساس با استفاده از رابطه فوق، حجم نمونه کل در این مطالعه با سطح خطای پنج درصد، ۱۰۰ تعیین شد. بنابراین، ۱۰۰ نفر از کشاورزان حوضه آبخیز رودخانه کشف‌رود به طور تصادفی انتخاب شده و کلیه پرسشنامه‌ها از طریق مصاحبه حضوری در سال ۱۳۹۲ تکمیل شد.

نتایج و بحث

نتایج مطالعه نشان داد که کشاورزان مورد بررسی به طور میانگین ۴۸ سال سن دارند. ۹۵ درصد آنان مرد هستند. به طور متوسط تقریباً پنج کلاس سواد دارند. کشاورزی شغل اصلی ۹۹ درصد آن‌ها را تشکیل می‌دهد. در خانواده آن‌ها تقریباً دو نفر فعالیت کشاورزی دارند. ۸۵ درصد آن‌ها به فعالیت زراعت مشغول‌اند و بقیه آن‌ها به باغداری می‌پردازند. آن‌ها به طور متوسط ۹۲۵۰۰۰ ریال پس‌انداز خالص دارند. ۶۹ درصد آن‌ها مالک زمین‌های خود می‌باشند. تنها ۱۴ درصد کشاورزان مورد بررسی تجربه انجام عملیات حفاظت خاک و آب را داشته‌اند. کشاورزان به طور متوسط سالانه دو محصول را در زمین خود کشت می‌کنند. کل سطح زیر کشت اختصاصی به محصولات به طور میانگین یک هکتار است. آن‌ها سالانه به طور متوسط حدود ۱۳ کیسه ۵۰ کیلویی کود شیمیایی و حدود پنج لیتر سموم شیمیایی مصرف می‌کنند.

در این مطالعه پنج سناریوی متفاوت لحاظ شده است. در هر سناریو برای مؤلفه‌های آلودگی آب، آلودگی خاک، تهدید سلامت انسان و تهدید حشرات مفید درصدهای متفاوتی از درجه تأثیرگذاری کاهش اثرات سوء آب آلوده در نظر گرفته شده است. کشاورزان در هر سناریو با توجه به کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی مربوط به آن سناریو، میزان مشارکت مالی خود را برای هر هکتار بیان نمودند. به طور مثال، در رابطه با سناریوی پنج از کشاورزان سؤال شد اگر آبی وجود داشته باشد که مصرف آن به کاهش ۸۰ درصدی آلودگی آب، کاهش ۸۰ درصدی آلودگی خاک، کاهش ۹۰ درصدی تهدید سلامت انسان و کاهش ۹۰ درصدی تهدید حشرات مفید منجر شود، آن‌گاه میانگین مشارکت مالی برای هر لیتر آب همسو با محیط زیست چقدر می‌شود.

نتایج مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در جدول ۱ نشان می‌دهد که میانگین حداکثر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده در هکتار در سناریوهای یک تا پنج به ترتیب ۱۳۴۵۰۰، ۱۷۹۵۰۰، ۲۲۵۵۰۰، ۲۷۱۰۰۰ و ۳۵۴۵۰۰ ریال می‌باشد.

جدول ۱- بررسی مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 1- Investigation of farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

اثرات Effects	سناریوها Scenarios				
	سناریو ۱ Scenario 1	سناریو ۲ Scenario 2	سناریو ۳ Scenario 3	سناریو ٤ Scenario 4	سناریو ٥ Scenario 5
کاهش آلودگی آب Reducing water pollution	20%	30%	50%	70%	80%
کاهش آلودگی خاک Reducing soil pollution	10%	30%	50%	70%	80%
کاهش تهدید سلامت انسان Reducing threaten human health	50%	70%	80%	85%	90%
کاهش تهدید حشرات مفید Reducing threaten beneficial insects	50%	70%	75%	75%	90%
متوسط مشارکت مالی (ریال در هکتار) Average financial participation ($Rial.ha^{-1}$)	134500	179500	225500	271000	354500

این بیانگر آن است که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوها افزایش می‌یابد و کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست-محیطی آب آلوده مایل به پرداخت مبلغ بیشتری هستند.

مرحله اول هکمن

نتایج حاصل از برآورد الگوی پروبیت (مرحله اول) در جدول ۲ ارائه شده است. ضریب تعیین مک فادن (R^2) در این الگو در سناریوی یک برابر ۰/۳۵ است. درصد صحت پیش‌بینی مدل که ۸۱ درصد می‌باشد، رقم مطلوبی را نشان می‌دهد. مقدار آماره نسبت راستنایی (LR) که معنی‌داری کلی رگرسیون را نشان می‌دهد، بیانگر آن است که الگوی برآوردی از لحاظ آماری معنی‌دار است. آماره آزمون واریانس ناهمسانی نیز نشان‌دهنده رد نشدن فرضیه صفر مبنی بر وجود واریانس همسانی می‌باشد.

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در سناریوی یک متغیرهای جنسیت، کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک و ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب در سطح ده درصد، شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک در سطح پنج درصد و متغیرهای سن، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، کل سطح زیر کشت و شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و مؤثر بر تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشند. بر این اساس کشاورزان زن نسبت به کشاورزان مرد تمایل بیش‌تری به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارند. علت این رابطه را می‌توان مربوط به اختلاف فیزیولوژیکی میان مردان و زنان در ایجاد انگیزه برای تمایل به پرداخت و اهمیت بیش‌تر محیط زیست برای آن‌ها دانست.

تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه بر تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد کشاورزانی که سم بیش‌تری در سال مصرف می‌کنند هزینه بیش‌تری بابت خرید سم پرداخت می‌کنند بنابراین تمایل کم‌تری دارند که هزینه‌ای هم بابت کاهش اثرات سوء آب آلوده پرداخت کنند.

تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد که کشاورزان معتقدند که اگر از شستشوی خاک جلوگیری شود این امر منجر به کم‌تر آلوده شدن آب می‌شود و در نتیجه تمایل کم‌تری به مشارکت مالی دارند. تأثیر مثبت و معنی‌دار شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می-دهد ابراز و آگاهی کشاورزان از ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود منجر به نگرانی نسبت به اثرات سوء این آب آلوده

شده و تمایل به مشارکت مالی بیشتری را برای کاهش اثرات سوء آن ایجاد می‌کند. تأثیر منفی شاخص موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده بیانگر آن است که کشاورزان به دلیل داشتن درآمد پایین تمایل کم‌تری به سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک دارند. تأثیر مثبت و معنی‌دار متغیر سن بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده بیانگر آن است که با افزایش سن عموماً افراد خطر گریزتر می‌شوند و در نتیجه با پرداخت برای کاهش اثرات سوء آب آلوده به دنبال راهی در جهت کاهش اثرات سوء آب آلوده بر محیط زیست و سلامت خود هستند.

نتایج جدول ۲ نشان داد کشاورزانی که تجربه انجام عملیات حفاظتی آب و خاک را دارند تمایل کم‌تری به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده خواهند داشت. چرا که این کشاورزان قبلاً این عملیات را انجام داده‌اند در نتیجه کم‌تر تمایل به مشارکت و پرداخت دگر بار برای کاهش اثرات سوء آب آلوده خواهند داشت. تأثیر منفی و معنی‌دار متغیر کل سطح زیر کشت بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده نشان می‌دهد کشاورزانی که سطح زیر کشت بیشتری دارند هزینه بیش‌تری هم برای خرید کود و سموم شیمیایی صرف می‌کنند، بنابراین کم‌تر تمایل دارند که هزینه‌ای را هم صرف کاهش اثرات سوء آب آلوده کنند. از دیگر نتایج جدول تأثیر منفی و معنی‌دار شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشد. در واقع چنان‌چه کشاورزان موافق باشند که آب و خاک در دسترس آن‌ها از کیفیت خوبی برخوردار است کم‌تر تمایل خواهند داشت که مبلغی را برای کاهش اثرات سوء آب آلوده پرداخت کنند.

بر اساس نتایج جدول ۲ و مقادیر اثر نهایی متغیرهای معنی‌دار در سناریوی یک، افزایش یک سال به سن کشاورزان، با فرض ثابت بودن سایر عوامل، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۰۲۳ واحد افزایش می‌دهد. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن ۰/۴۹ واحد کم‌تر است. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان دارای تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک نسبت به کشاورزانی که این تجربه را ندارند، ۰/۴۴ واحد کم‌تر است. همچنین با افزایش یک هکتار به زمین کشاورزان، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان ۰/۲۲ واحد کاهش می‌یابد. با افزایش یک لیتر سم مصرفی سالانه کشاورزان، احتمال تمایل مشارکت مالی کشاورزان ۰/۰۲۸ واحد افزایش می‌یابد. افزایش یک واحدی موافقت کشاورزان با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۲ واحد کاهش می‌یابد. با افزایش یک واحد موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان ۰/۷۲ واحد افزایش می‌یابد. یک واحد افزایش در موافقت کشاورزان با کیفیت مطلوب آب و خاک، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان ۱/۹۷ واحد کاهش می‌یابد و چنان‌چه یک واحد موافقت کشاورزان با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک افزایش یابد، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان ۰/۹۲ واحد کاهش می‌یابد.

نتایج مربوط به کشش در میانگین و کشش وزنی در جدول ۳ نشان داده شده است. از آن‌جا که کشش‌ها توابعی غیر خطی از مقادیر مشاهدات می‌باشند هیچ تضمینی وجود ندارد که تابع پروبیت از میانگین نمونه‌ها عبور نماید. بدین لحاظ محدودیتی در استفاده از کشش در میانگین وجود دارد (Whistler, 1999). بنابراین، در این مطالعه به تفسیر کشش کل وزنی پرداخته می‌شود. در سناریو یک، با فرض ثابت بودن سایر عوامل در خصوص تفسیر هر یک از متغیرها، با افزایش یک درصدی سن، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء سم شیمیایی ۲/۱۱ درصد افزایش می‌یابد. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن به میزان ۰/۶ درصد کم‌تر است. احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزانی که تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک داشته‌اند نسبت به سایر کشاورزان ۰/۶۳ درصد کم‌تر است. یک درصد افزایش در سطح زیر کشت، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۷ کاهش می‌دهد. یک درصد افزایش در میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه، احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۲۶ درصد افزایش می‌دهد. یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در دسترس و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک احتمال تمایل به مشارکت مالی کشاورزان را به ترتیب ۰/۸۱۶۱، ۲/۲۹ و ۱/۰۵ درصد کاهش می‌دهد و یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان به ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، احتمال تمایل به مشارکت مالی آنان را ۱/۰۰۰۹ درصد افزایش می‌دهد.

جدول ۲- نتایج حاصل از برآورد مرحله اول (مدل پروبیت) روش دو مرحله‌ای هکمن برای تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 2- The estimation results of first stage Heckman two-stage approach (probit model) to determine the farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل **Independent variables**	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ۴ Scenario 4		سناریو ۵ Scenario 5	
	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**	ضریب **Coefficient**	اثر نهایی **Marginal effect**
سن Age	0.066^{***}	0.023	0.056^{***}	0.022	0.06^{***}	0.024	0.075^{***}	0.028	0.069^{***}	0.024
جنسیت Sex	-0.99^{*}	-0.37	-1.59^{**}	-0.47	-1.38^{*}	-0.402	-0.69^{*}	-0.26	-0.79^{ns}	-0.21
تحصیلات Education	0.032^{ns}	0.011	0.033^{ns}	0.013	0.013^{ns}	0.0053	0.013^{ns}	0.0049	0.0053^{ns}	0.0019
شغل اصلی Main job	5.52^{ns}	0.25	5.35^{ns}	0.46	5.21^{ns}	0.52	4.42^{ns}	0.64	5.05^{ns}	0.69
تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Number of family members employed in agriculture	0.109^{ns}	0.037	0.16^{ns}	0.064	0.29^{*}	0.11	0.084^{ns}	0.031	0.11^{ns}	0.039
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.29^{ns}	0.084	0.84^{*}	0.29	0.99^{*}	0.35	0.49^{ns}	0.19	0.5^{ns}	0.19
پس‌انداز خالص کشاورزی Net savings of agriculture	-6.5×10^{7ns}	-2.3×10^{7}	-1.8×10^{7ns}	-7.3×10^{7}	1×10^{7ns}	4.1×10^{7}	$1.5\times10^{6*}$	5.7×10^{6}	$1.5\times10^{6*}$	5.3×10^{6}
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.61^{ns}	-0.22	-0.21^{ns}	-0.82	-0.66^{ns}	-0.24	-1.85^{**}	-0.34	-1.49^{**}	-0.28
تجربه به‌کار گیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.17^{***}	-0.44	-0.55^{*}	-0.21	-0.33^{ns}	-0.13	0.35^{ns}	0.13	0.26^{ns}	0.096
محصولات زیرکشت Under cultivation crops	-0.0024^{ns}	-0.00084	-0.32^{*}	-0.13	-0.43^{**}	-0.17	-0.19^{ns}	-0.069	0.078^{ns}	0.027
کل سطح زیرکشت Total area under cultivation	-0.63^{***}	-0.22	-0.63^{***}	-0.25	-0.61^{***}	-0.24	-0.086^{ns}	-0.033	-0.15^{ns}	-0.054
کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of fertilizer per year	$-.0082^{ns}$	-0.0028	-0.0021^{ns}	-0.00082	-0.011^{ns}	-0.0044	-0.0086^{ns}	-0.0032	-0.00052^{ns}	-0.00018
کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of chemical pesticides	0.082^{*}	0.028	0.095^{*}	0.038	0.057^{ns}	0.023	-0.0024^{ns}	-0.00089	-0.018^{ns}	-0.0063
شاخص۱ Index 1	-1.2^{*}	-0.42	-0.98^{*}	-0.39	-0.98^{*}	-0.39	-1.68^{*}	-0.63	-1.24^{*}	-0.44
شاخص ۲ Index 2	-0.96^{ns}	-0.33	-0.78^{ns}	-0.31	-1.08^{ns}	-0.43	0.66^{ns}	0.25	1.66^{***}	0.59
شاخص ۳ Index 3	2.093^{*}	0.72	0.84^{ns}	0.33	1.54^{*}	0.61	2.93^{***}	1.09	2.17^{*}	0.77
شاخص ۴ Index 4	-5.68^{***}	-1.97	-5.52^{***}	-2.19	-5.67^{***}	-2.26	-5.58^{***}	-2.07	-5.24^{***}	-1.85
شاخص ۵ Index 5	-2.66^{**}	-0.92	-2.5^{**}	-0.99	-2.25^{*}	-0.89	-3.17^{***}	-1.18	-2.78^{***}	-0.98
عرض از مبدأ Intercept	-1.43^{ns}		0.016^{ns}		-0.25^{ns}		-1.10^{ns}		-3.69^{ns}	
آزمون نسبت راست‌نمایی Likelihood ratio test	46.63^{***}		38.58^{***}		37.78^{***}		42.16^{***}		37.96^{***}	
مک فادن R^2 Mcfadden R-square	0.35		0.28		0.27		0.32		0.29	
درصد صحت پیش‌بینی Percentage of right predictions	0.81		0.72		0.72		0.79		0.79	
آزمون واریانس ناهمسانی Heteroskedasticity test	17.21 (0.5)		23.2 (0.2)		16.37 (0.57)		18.8 (0.39)		16.64 (0.55)	

مقادیر داخل پرانتز مقادیر بحرانی (سطح معنی‌داری) را نشان می‌دهد. (* معنی‌دار در سطح ده درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد، *** معنی‌دار در سطح یک درصد و ns بی‌معنی)

Values in parentheses shows critical value (significance level). (* Significant level of 10 percent, ** Significant level of 5 percent, *** Significant level of 1 percent and ns non significant)

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indexes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect the soil and water.

جدول ۳- کشش‌های مرحله اول (مدل پروبیت) روش دو مرحله‌ای هکمن برای تصمیم کشاورزان به مشارکت مالی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 3- The elasticity of first stage Heckman two-stage approach (probit model) for Farmers' decisions to financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل Independent variables	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ٤ Scenario 4		سناریو ٥ Scenario 5	
	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity	کشش در میانگین Elasticity at mean	کشش کل وزنی Aggregate elasticity
سن Age	3.69	2.11	2.31	1.6	2.27	1.62	2.08	1.5	1.71	1.29
جنسیت Sex	-1.09	-0.6	-1.31	-0.9	-1.04	-0.74	-0.53	-0.39	-0.38	-0.3
تحصیلات Education	0.2	0.11	0.15	0.1	0.056	0.039	0.04	0.029	0.014	0.011
شغل اصلی Main job	6.35	3.55	4.59	3.18	4.07	2.9	2.52	1.87	2.56	2.0092
تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Number of family members employed in agriculture	0.25	0.14	0.27	0.19	0.44	0.32	0.095	0.072	0.11	0.088
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.29	0.15	0.62	0.48	0.67	0.46	0.24	0.18	0.22	0.17
پس‌انداز خالص کشاورزی Net savings of agriculture	-0.07	-0.034	-0.015	-0.01	0.0076	0.0054	0.082	0.054	0.072	0.049
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.66	-0.36	-0.17	-0.11	-0.48	-0.34	-0.99	-0.75	-0.71	-0.57
تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.17	-0.63	-0.42	-0.28	-0.22	-0.16	0.17	0.13	0.11	0.089
محصولات زیرکشت Under cultivation crops	-0.0076	-0.0043	-0.75	-0.51	-0.91	-0.64	-0.29	-0.21	0.11	0.081
کل سطح زیرکشت Total area under cultivation	-0.83	-0.47	-0.62	-0.44	-0.54	-0.41	-0.058	-0.045	-0.089	-0.072
کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of fertilizer per year	-0.12	-0.074	-0.024	-0.016	-0.12	-0.084	-0.066	-0.048	0.0035	0.0026
کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Total amount annual consumption of chemical pesticides	0.45	0.26	0.39	0.26	0.21	0.15	-0.0065	-0.0048	-0.043	-0.033
شاخص۱ Index 1	-1.12	-0.61	-0.68	-0.47	-0.62	-0.44	-0.78	-0.57	-0.51	-0.39
شاخص ۲ Index 2	-1.012	-0.56	-0.61	-0.42	-0.77	-0.55	0.35	0.26	0.76	0.6
شاخص ۳ Index 3	1.8	1.0009	0.54	0.37	0.9	0.63	1.25	0.91	0.82	0.64
شاخص ۴ Index 4	-4.23	-2.29	-3.06	-2.09	-2.86	-2.019	-2.06	-1.55	-1.72	-1.37
شاخص ۵ Index 5	-1.91	-1.05	-1.34	-0.92	-1.093	-0.77	-1.13	-0.82	-0.88	-0.68
عرض از مبدأ Intercept	-1.67	-0.92	0.014	0.0097	-0.019	-0.14	-0.63	-0.46	-1.89	-1.47

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indoxes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing of soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect soil and water.

مرحله دوم هکمن

نتایج حاصل از برآورد مدل در جدول ۴ نشان می‌دهد بر اساس ضریب تعیین (R^2) در سناریوی یک، ۵۸ درصد تغییرات میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده توسط متغیرهای معنی‌دار مدل توضیح داده می‌شود. میزان آماره دوربین واتسون نشان از عدم وجود خودهمبستگی در رگرسیون برآورد شده دارد. آزمون نرمالیته نیز حاکی از نرمال بودن مدل دارد. حضور عکس نسبت میلز در رگرسیون خطی، ناهمسانی مدل را رفع می‌کند و استفاده از الگوی خطی را ممکن می‌سازد.

نتایج نشان می‌دهد در سناریو یک، متغیرهای نوع فعالیت کشاورزی، پس‌انداز خالص کشاورزی، وضعیت مالکیت زمین، کل میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی سالانه در سطح ده درصد و متغیرهای سن، جنسیت، تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک، تعداد محصولات زیرکشت، کل سطح زیرکشت، شاخص موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به کشف‌رود و شاخص موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک در سطح یک درصد معنی‌دار و مؤثر بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده می‌باشند. معنی‌داری متغیر عکس نسبت میلز نیز مبین آن است که متغیرهای مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی با متغیرهای تعیین‌کننده میزان مشارکت مالی یکسان نیست و تأییدی برای استفاده از روش دو مرحله‌ای هکمن است.

بر اساس نتایج برآورد الگوی رگرسیونی، در سناریو یک، افزایش یک سال به سن کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها برای کاهش اثرات سوء آب آلوده را ۲/۹۴ واحد افزایش می‌یابد. اضافه شدن یک نفر به کشاورزان مرد، میزان مشارکت مالی آنان را ۱/۰۰۹۶ واحد کاهش می‌دهد. البته این میزان مشارکت مالی در سناریوهای چهار و پنج که اثرات سوء را بیش‌تر کم می‌کند، افزایش می‌یابد. چرا که در سطوح بالای کاهش اثرات سوء، کشاورزان مرد به دلیل توانایی مالی بیش‌تر، به میزان بیش‌تری نسبت به کشاورزان زن مشارکت مالی دارند. اضافه شدن یک کشاورز به زارعین، میزان مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۴۱ واحد افزایش می‌یابد. این امر به دلیل تماس مستقیم بیش‌تر محصولات زیر کشت زارعین با آب و بنابراین مهم‌تر بودن کیفیت آب برای زارعین و در نتیجه بیش‌تر بودن میزان مشارکت مالی آن‌ها دانست. یک واحد افزایش در پس‌انداز خالص کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۰۳۳ واحد کاهش می‌دهد. البته این کاهش در سطوح پایین کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده اتفاق می‌افتد و در سطوح بالاتر کاهش اثرات زیست‌محیطی آب آلوده، میزان مشارکت مالی افزایش می‌یابد. اضافه شدن یک نفر به مالکین زمین‌های کشاورزی، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۵۲ واحد کاهش می‌دهد. زیرا مالکین زمین‌های کشاورزی مدعی هستند که امکانات نگهداری و سالم‌سازی آب مصرفی خود را دارند، در نتیجه به میزان کم‌تری مشارکت مالی دارند.

نتایج جدول ۴ همچنین نشان می‌دهد افزایش تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک کشاورزان سبب کاهش ۱/۲۸ واحدی میزان مشارکت مالی آن‌ها می‌شود. در واقع کشاورزانی که عملیات حفاظتی آب و خاک را قبلاً انجام داده‌اند برای آب آلوده کم‌تر حاضرند مبلغی پرداخت کنند. همچنین اضافه شدن یک محصول به محصولات زیرکشت کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۶۹ واحد افزایش می‌دهد. علت این افزایش را می‌توان مربوط به افزایش درآمد حاصل از فروش محصول اضافه شده دانست که توانایی مالی کشاورزان را افزایش و در نتیجه میزان مشارکت مالی را افزایش می‌دهد. افزایش یک هکتار به سطح زیرکشت کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۶۴ واحد کاهش می‌دهد. علت این کاهش آن است که کشاورزانی که سطح زیر کشت بیش‌تری دارند از کود و سم بیش‌تری هم استفاده و هم هزینه بیش‌تری را صرف خرید این دو می‌کنند، در نتیجه به میزان کم‌تری تمایل دارند که پرداختی برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده داشته باشند.

از دیگر نتایج جدول ۴ این است که افزایش یک کیسه کود شیمیایی به مصرف سالانه کود و یک لیتر سم شیمیایی به مصرف سالانه سم، میزان مشارکت مالی کشاورزان را به ترتیب به اندازه ۰/۱۸ و ۰/۲۱ واحد اضافه می‌کند. چرا که آن‌ها خود را در آلوده شدن آب سهیم می‌دانند بنابراین تمایل دارند میزان پرداختی برای کاهش اثرات سوء آب آلوده را افزایش دهند. همچنین افزایش موافقت و آگاهی کشاورزان با ورود فاضلاب روستایی و شهری به کشف‌رود و کیفیت مطلوب آب و خاک، میزان مشارکت مالی آن‌ها را به ترتیب ۱/۷۷ واحد افزایش و ۳/۴۱ واحد کاهش می‌دهد. در واقع اگر کشاورزان از کیفیت آب و خاک راضی باشند، میزان کم‌تری تمایل دارند که بپردازند.

جدول ٤- نتایج حاصل از برآورد مرحله دوم (رگرسیون لگاریتمی) روش دو مرحله‌ای هکمن برای میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده

Table 4- The estimation results of second stage Heckman two-stage approach (Logarithmic regression) for the amount of farmers' financial participation for reducing the adverse environmental effects of contaminated water

متغیرهای مستقل Independent variables	سناریو ۱ Scenario 1		سناریو ۲ Scenario 2		سناریو ۳ Scenario 3		سناریو ٤ Scenario 4		سناریو ٥ Scenario 5	
	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity	ضریب Coefficient	کشش Elasticity
لگاریتم سن Log of age	2.94***	2.94	1.49***	1.49	1.15**	1.15	-0.46ns	-0.46	-0.33ns	-0.33
جنسیت Sex	-1/0096 ***	-0.092	-0.48*	-0.04	-0.28ns	-0.025	0.27ns	0.023	0.22ns	0.02
لگاریتم تحصیلات Log of education	0.097ns	0.097	0.016ns	0.016	0.017ns	0.017	0.49ns	0.49	0.045ns	0.045
لگاریتم تعداد افراد خانوار شاغل در کشاورزی Log of number of family members employed in agriculture	0.19ns	0.19	0.15ns	0.15	0.16ns	0.16	0.056ns	0.056	0.097ns	0.097
نوع فعالیت کشاورزی Type of agricultural activity	0.41*	0.03	0.54***	0.04	0.4*	0.03	0.12ns	0.009	0.13ns	0.009
لگاریتم پس‌انداز خالص کشاورزی Log of net savings of agriculture	-0.033*	-0.033	-0.006	-0.006	-0.008ns	-0.008	-0.008ns	-0.008	-0.0062ns	-0.0062
وضعیت مالکیت زمین Land ownership status	-0.52*	-0.05	-0.025ns	-0.002	-0.33ns	-0.03	0.33*	0.03	0.39*	0.03
تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک Experience in the use of soil and water conservation practices	-1.28***	-0.09	-0.86***	-0.07	-0.34*	-0.028	-0.27*	-0.022	-0.13ns	-0.01
لگاریتم محصولات زیرکشت Log of under cultivation crops	0.69***	0.69	0.36**	0.36	0.31*	0.31	0.34**	0.34	0.16ns	0.16
لگاریتم کل سطح زیرکشت Log of total area under cultivation	-0.64***	-0.64	-0.47***	-0.47	-0.32**	-0.32	-0.07ns	-0.07	-0.0064ns	-0.0064
لگاریتم کل میزان کود شیمیایی مصرفی سالانه Log of total amount annual consumption of fertilizer per year	0.18*	0.18	0.025ns	0.025	0.084ns	0.084	0.043ns	0.043	0.029ns	0.029
لگاریتم کل میزان سموم شیمیایی مصرفی سالانه Log of total amount annual consumption of chemical pesticides	0.21*	0.21	0.27***	0.27	0.1ns	0.1	0.071ns	0.071	-0.105*	-0.105
لگاریتم شاخص ۱ Log of index 1	-0.32ns	-0.32	-0.51*	-0.51	-0.12ns	-0.12	-0.25ns	-0.25	-0.18ns	-0.18
لگاریتم شاخص ۲ Log of index 2	-0.25ns	-0.25	-0.27ns	-0.27	-0.63ns	-0.63	-0.63*	-0.63	-0.89*	-0.89
لگاریتم شاخص ۳ Log of index 3	1.77***	1.77	1.39***	1.39	0.88*	0.88	0.34ns	0.34	0.39ns	0.39
لگاریتم شاخص ۴ Log of index 4	-3.41***	-3.41	-2.24***	-2.24	-1.85***	-1.85	0.27ns	0.27	0.38ns	0.38
لگاریتم شاخص ۵ Log of index 5	0.26ns	0.26	0.25ns	0.25	0.38ns	0.38	0.93**	0.93	1.02***	1.02
عکس نسبت میلز Inverse Mill's ratio	1.64***	0.1	1.05***	0.061	0.63*	0.03	0.77**	0.03	-0.82**	-0.03
عرض از مبدأ Intercept	-3.52ns	-0.35	2.91*	0.28	4.78*	0.46	13.008***	1.2	12.86***	1.16
آماره دوربین واتسون Durbin-Watson	1.99		1.99		1.8		1.6		1.81	
R^2 R-square	0.58		0.66		0.43		0.45		0.43	
آزمون نرمالیته Normality test	1.25 (0.5)		9.91 (0.07)		114.41 (0.03)		4.67 (0.09)		3.65 (0.2)	

مقادیر داخل پرانتز مقادیر بحرانی (سطح معنی‌داری) را نشان می‌دهد. (* معنی‌دار در سطح ده درصد، ** معنی‌دار در سطح پنج درصد، *** معنی‌دار در سطح یک درصد و ns بی‌معنی)

Values in parentheses shows critical value (significance level). (* Significant level of 10 percent, ** Significant level of 5 percent and *** Significant level of 1 percent, ns non significant)

شاخص های یک تا پنج به ترتیب بیانگر شاخص‌های موافقت با فواید جلوگیری از شستشوی خاک، موافقت با اثرات سوء استفاده بیش از حد از کود و سموم شیمیایی، موافقت با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود، موافقت با کیفیت مطلوب آب و خاک و موافقت با سرمایه‌گذاری برای حفظ آب و خاک می‌باشند.

Indexes 1 to 5 are index farmers' agreement with benefits of preventing soil washing, agreement with the negative effects of excessive use of chemical fertilizers and pesticide, agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-rood river, agreement with desirable quality of soil and water, agreement with investments to protect the soil and water.

کشش متغیرهای معنی‌دار مدل نشان می‌دهد که در سناریو یک، با فرض ثابت بودن سایر عوامل در خصوص تفسیر هر یک از متغیرها، با یک درصد افزایش در سن کشاورزان، میزان مشارکت مالی آنان برای کاهش اثرات سوء آب آلوده ۲/۹۴ درصد افزایش می‌دهد. میزان مشارکت مالی کشاورزان مرد نسبت به کشاورزان زن به اندازه ۰/۰۹۲ درصد کم‌تر است. میزان مشارکت مالی زارعین نسبت به سایر کشاورزان ۰/۰۳ درصد بیش‌تر است. یک درصد افزایش در پس‌انداز خالص کشاورزان، میزان مشارکت مالی آن‌ها را ۰/۰۳۳ درصد کاهش می‌دهد. میزان مشارکت مالی کشاورزان دارای مالکیت زمین نسبت به مستأجرین و کشاورزان دارای تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک به ترتیب به میزان ۰/۰۵ و ۰/۰۹ درصد کم‌تر است. افزایش یک درصدی تعداد محصولات زیر کشت، میزان مشارکت مالی کشاورزان را ۰/۶۹ درصد افزایش می‌دهد. همچنین یک درصد افزایش در سطح زیر کشت، میزان مشارکت مالی کشاورزان به میزان ۰/۶۴ درصد کاهش می‌دهد.

نتایج همچین بیانگر آن است که با افزایش یک درصدی میزان کود و سموم شیمیایی مصرفی سالانه، میزان مشارکت مالی کشاورزان به ترتیب به میزان ۰/۱۸ و ۰/۲۱ درصد افزایش می‌یابد. همچنین یک درصد افزایش در موافقت کشاورزان با ورود فاضلاب شهری و روستایی به آب رودخانه کشف‌رود و موافقت آن‌ها با کیفیت مطلوب آب و خاک، میزان مشارکت مالی آنان را به ترتیب به میزان ۱/۷۷ درصد افزایش و ۳/۴۱ درصد کاهش می‌دهد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مطالعه عوامل مؤثر بر تصمیم به مشارکت مالی و عوامل مؤثر بر میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات زیست-محیطی آب آلوده با به‌کارگیری رهیافت ارزش‌گذاری مشروط و مدل توبیت بررسی شد. نتایج نشان داد که میزان مشارکت مالی کشاورزان در طول سناریوها افزایش می‌یابد. این نتیجه بیانگر آن است که انگیزه‌های لازم در کشاورزان در حوزه کاهش آثار نامطلوب آب آلوده بر محیط زیست وجود دارد که می‌توان از این انگیزه‌ها با ایجاد حوضچه‌های تصفیه آب‌های آلوده در جهت کاهش آلودگی‌های تهدیدکننده سلامت آب و خاک و به تبع آن انسان استفاده کرد. هزینه‌های سرمایه‌گذاری در این مورد می‌تواند از آلوده‌کننده‌ها، دریافت و هزینه‌های اجرایی آن از محل تعیین عوارض (به میزان آب آلوده ورودی به حوضچه) تأمین شود.

نتایج نشان داد که متغیرهای سن و جنسیت در دو مرحله، به ترتیب تأثیر مثبت و منفی معنی‌داری بر مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارد. بنابراین از کشاورزان مسن‌تر و خانم در زمینه طرح‌های کاهش آثار نامطلوب آب آلوده می‌توان کمک بیش‌تری گرفت.

با توجه به تأثیر منفی متغیر تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک بر تمایل و میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های حفاظتی آب و خاک از مشارکت کشاورزانی که تجربه به‌کارگیری عملیات حفاظتی آب و خاک نداشته‌اند، بیش‌تر استفاده شود.

شاخص موافقت کشاورزان با ورود فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تمایل و میزان مشارکت مالی کشاورزان برای کاهش اثرات سوء زیست‌محیطی آب آلوده دارد. این رابطه بیانگر آن است که هر چه کشاورزان آگاهی بیش‌تری داشته باشند که فاضلاب شهری و روستایی به رودخانه کشف‌رود وارد می‌شود، مشارکت مالی آن‌ها بیش‌تر می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود با برگزاری سمینارهایی در زمینه آموزش و آگاهی دادن به مردم به خصوص کشاورزان در مورد اهمیت حفاظت منابع آب و خاک، زمینه مشارکت مالی بیش‌تر آن‌ها را فراهم آورد.

همچنین از آن‌جا که عملیات و پروژه‌های حفاظت از محیط زیست به خصوص آب و خاک نیاز به سرمایه زیادی دارد و تنها بخش کوچکی از این سرمایه از محل کمک‌های مالی مردمی و اخذ عوارض می‌تواند به دست آید، بنابراین دولت می‌بایست در بودجه خود به تأمین مالی این پروژه‌ها توجه کند.

منابع

Ali Hosseini, M. 2011. The risks posed by pesticides and fertilizers. Geomorphology Page. Available at Web site http://geologist63.blogfa.com.

Baidoo, I., Ramatu, M.A., Asuming-Brempong, S., Osei-Akoto, I., and Asante, F.A. 2013. Willingness to pay for improved water for farming in the upper east region of Ghana. Greener Journal of Agricultural Sciences 4: 271-279.

Baghestani, M., and Zibaee, M. 2011. Measuring the willingness of farmers to pay for groundwater in the area Ramjrd: An application of CVM. Journal of Agricultural Economics 4(3): 41-64. (In Persian with English Summary)

Boyle, K.J., Johnson, F.R., McCollum, D.W., Desvousges, W.H., Dunford, R., and Hudson, S. 1996. Valuing public goods: Discrete versus continuous contingent-valuation responses. Land Economics 72: 381-396.

Carson, R.T. 2000. Contingent Valuation: A user's guide. Environmental Science and Technology 34(8): 1413-1418.

Cheraghi, M. 2013. Evaluation of farmer's willingness to pay for groundwater (A case study Mashhad). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Cochran, W.G. 1963. Sampling techniques. John Wiley and Sons, New York.

Darijani, A. 1999. A survey of depositors' view and factors affecting the amount of household bank deposits. MSc Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Faryabi, M., Kalantari, N., Chitsazan, M., and Rahimi, M.H. 2006. Evaluatation the effect of agricultural fertilizers in underground water pollution Nytrogen Baghmlk plain with DRASTIC model. Geomatics Conference p. 35-42. (In Persian with English Summary)

Habibzadeh, A. 2005. Status and quality of underground water pollution in North of Lake Urmiah (Tesuj). Journal of Advanced Researches 4: 43-47. (In Persian with English Summary)

Hosseini, S.S., Sharzee, G., and Naeemifar, A. 2011. Assessing the benefits of nitrate contamination reduction in water consumption by contingent valuation method (case study of paddy in the village of Gilan). Iranian Journal of Agricultural Economics and Development 41(1): 21-27. (In Persian with English Summary)

Lashkaripour, G., Ghafoori, M., Mousavimadah, S.M., Babaee, M., and Afshar, S. 2010. Examine the origin and the factors affecting surface and subsurface water pollution in Kashaf- rood river (Mashhad plain). In First National Conference on Hydrogeology, Islamic Azad University Behbahan Branch, Khuzestan, Iran, 28 November. 2009, 12 pp. (In Persian)

Madalla, G.S. 1983. Limited Dependent and Qualitative Variables in Econometrics. Cambridge University Press, Cambridge, 414 pp.

Mcdonald, J.F., and Moffitt, R.A. 1982. The uses of Tobit analysis. Journal of the Review of Economics and Statistics 62: 318-321.

Moinoddini, S.D., Zand, E., Kambouzia, J., Mahdavi Damghani, A.M., and Deihimfard, R. 2014. Environmental risk assessment of registered insecticides in Iran using Environmental Impact Quotient (EIQ) index. Journal of Agroecology 6(2): 250-265. (In Persian with English Summary)

Naseri, H., Rqhimi, M., Yakhkeshi, M.A., Shahpasandzadh, M., and Dehqhan, H. 2006. Factors influencing the spatial variation of nitrate concentrations in ground water of basin gharehsu-golestan. Journal of Agricultural Sciecnes and Natural Resources 1: 108-116.

Naseri, H.R., and Alijani, F. 2007. Study of underground water pollution sources Izeh Plain, North East Khuzestan. Journal of Environmental Sciences 4: 33-46. (In Persian with English Summary)

Ongley, E. 2003. Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55: 101 pp.

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Tang, Z., Nan, Z., and Liu, J. 2013. The willingness to pay for irrigation water: a case study in northwest China. Global NEST Journal 1: 76-84.

Tobin, J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26: 29-36.

Whistler, D .1999. An Introductory Guide to Shazam. Department of Economics. University of British Columbia, CANADA. Available at Web site http://shazam.econ.ubc.ca

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 215-224

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۲۴-۲۱۵

بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)

احمد غلامی[1*]، ایمان اکبری[2] و حمید عباس دخت[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۰۲

چکیده

یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی به‌کارگیری کودهای زیستی در تولید محصولات می‌باشد. بر این اساس به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر خصوصیات رشد و عملکردگیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا (بدون تلقیح و تلقیح با قارچ *Glomusintra radices*)، ورمی‌کمپوست در سه سطح (صفر، چهار و هشت تن در هکتار) و اسیدهیومیک در دو سطح (محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی) بودند. نتایج نشان داد که اثر اصلی کاربرد قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع، تعداد چتر، وزن دانه در بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که قارچ مایکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۸/۵ و ۲۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. همچنین وزن هزار دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که اثر متقابل قارچ مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که بیشترین وزن هزار دانه و عملکرد دانه از ترکیب تیماری مایکوریزا و هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست (به ترتیب حدود ۲۱ و ۴۵ درصد افزایش نسبت به شاهد) به دست آمد. همچنین ترکیب تیماری قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر ارتفاع و عملکرد بیولوژیک رازیانه اثر معنی‌داری داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید هیومیک، محلول‌پاشی، مایکوریزا، ورمی‌کمپوست

مقدمه

امروزه زیان‌های اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی در کشاورزی شناخته شده و بدیهی است که باید جایگزین مناسبی برای این نوع کودها در نظر گرفته شود. هدف کشاورزی پایدار، کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه عناصر غذایی خاک و استفاده از کودهای زیستی و آلی به منظور افزایش عملکرد محصولات کشاورزی است (Koocheki et al., 2008). کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آن‌ها می‌باشد که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Salehrastin, 2001). استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار بهترین شرایط را برای تولید گیاهان دارویی فراهم کرده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را فراهم می‌کند. قارچ‌های *مایکوریزا آرباسکولار* و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش کمیت، کیفیت و پایداری عملکرد محصول نقش مهمی در این سیستم‌ها ایفاء می‌کنند. قارچ‌های مایکوریزا سبب بهبود کیفیت فیزیکی (گسترش ریسه‌های قارچ)، شیمیایی (افزایش جذب عناصر غذایی) و زیستی (شبکه غذایی) خاک می‌شوند (Sharma, 2002). رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) در بین گیاهان دارویی اهمیت زیادی داشته که از اسانس آن (آنتول) در صنایع مختلف داروسازی، غذایی، آرایشی

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار گروه زراعت و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود
(*- نویسنده مسئول: Email: ahgholami@yahoo.com)

و بهداشتی استفاده می‌شود (Darzi et al., 2008). همزیستی مایکوریزایی از طریق گسترش هیف‌های قارچ در خاک موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی و دانه گیاه رازیانه شد و متعاقب آن وزن خشک گیاه افزایش یافت (Kapoor et al., 2004). نتایج تحقیق درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بر روی گیاه دارویی رازیانه نشان داد که بیشترین تعداد چتر در بوته، عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه در بوته‌های تلقیح شده با مایکوریزا حاصل شد. شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2013) با بررسی اثر همزیستی مایکوریزایی بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و اسانس دو گونه دارویی رازیانه و زنیان (*Carum copticum* L.) گزارش نمودند که تلقیح با مایکوریزا به ترتیب باعث افزایش ۳۵ و ۸۵ درصدی عملکرد دانه و بهبود ۳۴ و ۳۰ درصدی محتوی اسانس رازیانه و زنیان در مقایسه با شاهد شد. این محققان در مطالعه‌ای دیگر (Shabahng et al., 2014) نشان دادند که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) دلیل افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی رازیانه در شرایط همزیستی با مایکوریزا به تولید انواع هورمون‌ها و مواد بیولوژیکی محرک رشد گیاه و همچنین بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

ورمی‌کمپوست محصول فرآیندی است که از گونه خاصی از کرم-های خاکی برای تبدیل مواد آلی استفاده می‌شود. ورمی‌کمپوست مواد غذایی را به فرم قابل جذب در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Sreenivas et al., 2000) (Sharma, 2005). شارما (Sharma, 2002) گزارش کرد که میزان نیتروژن، کلسیم، منیزیم و پتاسیم در ورمی‌کمپوست به ترتیب ۵، ۱۴، ۳ و ۱۱ برابر خاک زراعی است. نتایج بررسی آستارایی و کوچکی (Astaraei & Koocheki, 1996) نشان داد که کاربرد ۲۰ درصد ورمی‌کمپوست و ۸۰ درصد خاک در مقایسه با شاهد (خاک) باعث افزایش معنی‌دار طول ساقه، تعداد و وزن هزار دانه در گیاه اسفرزه (*Plantago psyllium* L.) می‌شود. در بررسی درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) مشخص شد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر اجزاء عملکرد کمی، موجب بهبود عملکرد دانه رازیانه شد و به علاوه درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد. نتایج بررسی‌های دیگر نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش معنی‌دار در ارتفاع بوته و درصد برگ و گل‌آذین در گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis* L.) (Rezvani Moghadam et al., 2009) و تأثیر معنی‌داری بر صفات مورفولوژیکی، عملکرد، وزن خشک محصول و وزن دانه گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) داشت (Anwar et al., 2005).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج یافته است. هیومیک‌اسید یک ماده آلی کاملاً طبیعی است که از تجزیه نهایی مواد آلی خاک توسط میکروارگانیزم‌ها به دست می‌آید. اسیدهیومیک رشد قسمت‌های هوایی و ریشه گیاهان را تحریک می‌کند.کاربرد آن حجم ریشه‌ها را افزایش داده و باعث اثربخشی سیستم ریشه می‌گردد (Sabzevari et al., 2009). اسیدهیومیک جذب نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر را توسط گیاه افزایش می‌دهد (Chen et al., 1999). اسیدهیومیک علائم کلروز در گیاهان را بهبود می‌بخشد که احتمالاً نتیجه توانایی این اسید برای نگهداری آهن خاک به فرم قابل جذب است (Samavat et al., 2008).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر کود زیستی مایکوریزا و کودهای آلی ورمی‌کمپوست و هیومیک‌اسید بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی رازیانه است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، در بهار سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۴۹/۹ متر از سطح دریا به اجرا درآمد. در ابتدا از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام گرفت و مشخص گردید که بافت خاک لومی و pH آن ۷/۴ می‌باشد (جدول ۱). این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش ورمی‌کمپوست در سه سطح شامل: v_1 (عدم مصرف)، v_2 (چهار تن) و v_3 (هشت تن در هکتار)، قارچ مایکوریزا در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) و اسیدهیومیک نیز در دو سطح (مصرف و عدم مصرف) در نظر گرفته شد. مایه تلقیح مایکوریزایی به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بوده و حاوی گونه *Glomus intraradices* بود. به منظور اجرای آزمایش در هر کرت آزمایشی پنج ردیف کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول پنج متر در نظر

گرفته شد. قارچ مایکوریزا در حین کاشت بذر به میزان ده گرم در گودال‌های ایجاد شده به زمین اضافه و ورمی‌کمپوست نیز در حاشیه خطوط کاشت قرار گرفت. اسیدهیومیک در سه مرحله (رویشی، زایشی و سفت شدن دانه‌ها) طبق مقدار توصیه شده (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) محلول‌پاشی شد. جهت تعیین تأثیر تیمارهای مورد بررسی بر اجزای عملکرد، از سه خط میانی پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور تعیین عملکرد دانه در واحد سطح از مساحتی معادل دو مترمربع از خطوط میانی هر کرت، بوته‌ها برداشت و پس از خشک کردن در هوای آزاد در سایه، دانه آن‌ها جدا گردید. برای تعیین درصد همزیستی مایکوریزایی، قسمتی از ریشه گیاه به صورت تصادفی نمونه‌برداری شد. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها با آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شده و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند. ریشه‌ها را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هایی از اسیدلاکتیک، گلیسیرین، تریپان بلو و آب مقطر) به مدت ۲۴-۱۲ ساعت قرار داده شد. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول ۱:۱ گلیسرین و اسیدلاکتیک نگهداری شدند. برای مشاهده و بررسی درصد آلودگی، از روش خطوط متقاطع استفاده شد (Giovannetti & Mosse, 1980). در نهایت تجزیه تحلیل داده‌های آزمایش و رسم شکل‌های مربوط به آن‌ها توسط نرم افزارهای SAS 9.1، Mstat-C و Excel صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) ارتفاع بوته توسط سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک به طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر قرار گرفت. همچنین اثرات سه جانبه عوامل مورد بررسی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین تیمار-ها نشان داد که بین ارتفاع بوته در تیمار تلقیح مایکوریزایی (۷۰/۲۲ سانتی‌متر) و عدم تلقیح (۶۷/۹۷ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به طوری‌که ارتفاع بوته در تلقیح با مایکوریزا در حدود سه درصد بیشتر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین تیمارها نیز بیانگر آن بود که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر ارتفاع بوته نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌که ارتفاع بوته در سطح هشت تن ورمی‌کمپوست (۷۳/۹۳ سانتی‌متر) نسبت به کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (۶۸/۰۷ سانتی‌متر) و شاهد (۶۵/۳۵ سانتی‌متر) به ترتیب افزایش هشت و ۱۱/۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین دو سطح محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی اسیدهیومیک از نظر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت به نحوی‌که ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۷۰/۴۷ سانتی‌متر) حدود چهار درصد بیشتر از تیمار عدم محلول‌پاشی (۶۷/۷۲ سانتی‌متر) بود (جدول ۳). همچنین مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۷۶/۸ سانتی‌متر) به دست آمد که نسبت به شاهد (۶۰/۷ سانتی‌متر) افزایش ۲۶ درصدی را نشان داد (شکل ۱).

نتایج گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) و راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) به ترتیب بر روی گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) و علف لیمو (*Cymbopogon citratus* L.) و نیز اردکانی و همکاران (Ardekani et al., 2000) بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) بیانگر آن است که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع بوته می‌شود. به نظر می‌رسد که همزیستی مایکوریزایی با ریشه رازیانه سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب رشد بیشتر و بهبود ارتفاع گیاه شده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental station

بافت Texture	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) OC (%)
لومی- سیلتی Silty- loam	147	13.7	0.054	2.3	7.81	0.71

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه تحت تأثیر ورمی‌کمپوست (V)، مایکوریزا (M) و اسیدهیومیک (H)

Table 2- Analysis of variance of yield and yield components of fennel affected by vermicompost, mycorrhiza and humic acid

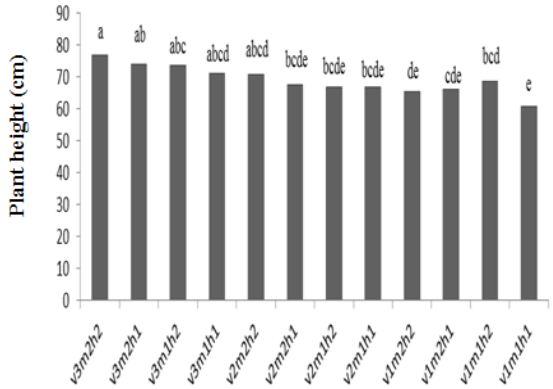
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant^{-1}	تعداد دانه در چتر No. of seed.umbel^{-1}	وزن دانه در بوته Seed weight Per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.325^{ns}	14.58^{ns}	1032.86^{ns}	0.215^{ns}	0.080^{ns}	6278.26^{ns}	40548.16^{ns}	1.951^{ns}
V	2	231.20**	89.58**	4188.52**	67.53**	1.613**	274591.83**	2229021.10**	15.93**
M	1	45.56**	177.77**	5329.00**	103.05**	0.088^{ns}	80863.36**	4743466.34**	114.16**
V × M	2	2.73^{ns}	4.86^{ns}	3655.75**	0.186^{ns}	0.405**	18268.85*	5603.46^{ns}	6.336^{ns}
H	1	68.06**	49.00**	1067.11^{ns}	125.25**	1.656**	326191.15**	4143735.34**	1.720^{ns}
V × H	2	2.85^{ns}	3.08^{ns}	256.02^{ns}	1.47^{ns}	0.072^{ns}	10389.40^{ns}	56593.75^{ns}	12.73^{ns}
M × H	1	7.20^{ns}	4.00^{ns}	21.77^{ns}	3.139^{ns}	0.078^{ns}	16977.62^{ns}	75634.17^{ns}	0.017^{ns}
V × M × H	2	29.55**	7.58^{ns}	56.69^{ns}	0.209^{ns}	0.111^{ns}	12784.02^{ns}	86221.46**	5.53^{ns}
خطا Error	22	6.98	5/49	516.68	1.376	0.062	4509.62	23637.49	4.91
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.82	7.29	11.36	7.36	6.03	5.83	6.13	7.12

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار

*, ** and ns: significant at 1% and 5% probability level and not significant, respectively.

M: همزیستی مایکوریزایی، V: ورمی‌کمپوست و H: محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M: mycorrhica symbiosis, V: vermicompost and H: spraying with humic acid



شکل ۱- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته رازیانه

Fig. 1- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid plant height

ورمی‌کمپوست نیز از طریق قابلیت نگهداری زیاد آب و تدارک مطلوب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده رازیانه تأثیر مثبت داشته و موجب بهبود ارتفاع بوته گردیده است. درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) بیان کردند که بیشترین ارتفاع بوته رازیانه از مصرف ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست با افزایش در جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن سبب افزایش ارتفاع بوته گردیده است.

جدول ۳- اثرات ساده و متقابل ورمی‌کمپوست، مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه

Table 3- The simple and interaction effect of vermicompost, mychorriza and humic acid on yield and yield components of fennel

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی متر) Height (cm)	تعداد چتر در بوته No. of umbel.plant^{-1}	تعداد دانه در چتر No. of seed.plant^{-1}	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
M_1	67.97^{b*}	29^{b}	187^{b}	14.23^{b}	-	3357.25^{b}	1104.58^{b}	32.91^{a}
M_2	70.22^{a}	34^{a}	212^{a}	17.68^{a}	-	4083.22^{a}	1199.37^{a}	29.35^{b}
V_1	65.35^{b}	29^{b}	188^{b}	13.53^{c}	3.86^{b}	3251.12^{c}	1016.16^{c}	31.22^{a}
V_2	68.07^{b}	32^{ab}	190^{b}	15.96^{b}	3.99^{b}	3812.21^{b}	1125.12^{b}	29.52^{b}
V_3	73.93^{a}	34^{a}	221^{a}	18.38^{a}	4.55^{a}	4098.16^{a}	1315.12^{a}	32.08^{a}
H_1	67.72^{b}	31^{b}	-	14.12^{b}	3.91^{b}	3380.18^{b}	1056.60^{b}	-
H_2	70.47^{a}	33^{a}	-	17.80^{a}	4.34^{a}	4059.27^{a}	1247.62^{a}	-
$M_1 \times V_1$	-	-	184^{b}	-	3.84^{b}	-	924.45^{d}	-
$M_1 \times V_2$	-	-	174^{b}	-	3.74^{b}	-	1108.76^{c}	-
$M_1 \times V_3$	-	-	193^{b}	-	4.43^{a}	-	1280.56^{b}	-
$M_2 \times V_1$	-	-	196^{b}	-	3.88^{b}	-	1107.36^{c}	-
$M_2 \times V_2$	-	-	202^{b}	-	4.23^{ab}	-	1142.35^{c}	-
$M_2 \times V_3$	-	-	250^{a}	-	4.66^{a}	-	1349.12^{a}	-

M_1 و M_2: به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با قارچ مایکوریزا، V_1، V_2 و V_3: به ترتیب عدم مصرف ورمی‌کمپوست، مصرف چهار و هشت تن در هکتار و H_1 و H_2: به ترتیب عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اسیدهیومیک

M_1 and M_2: Mycorrhizal non-inoculated and inoculated, V_1, V_2 and V_3: 0, 4 and 8 t.ha^{-1} and H_1 and H_2: non-foliar application and foliar application, respectively.

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد نمی‌باشد.

* Means followed by similar letters in each column are not significantly different at α= 5% probability level.

در خصوص اثرات اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته گندم سبزواری و همکاران (Sabzevari et al., 2009) بیان کردند که مصرف ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک باعث افزایش چشمگیری در ارتفاع گیاه گندم شد که این افزایش ارتفاع را می‌توان به دلیل تأثیر اسیدهیومیک در افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و متعاقباً افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه دانست.

تعداد چتر در بوته: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) اثر هر سه فاکتور قارچ مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر تعداد چتر در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار گردید ولی اثرات متقابل دو جانبه و سه جانبه آن‌ها معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که از نظر تعداد چتر در بوته بین تلقیح مایکوریزا (۳۴ چتر در بوته) و عدم تلقیح (۲۹ چتر در بوته) تفاوت معنی‌دار وجود دارد؛ به طوری‌که تعداد چتر در بوته در تلقیح با مایکوریزا حدود ۱۷/۲ درصد بیشتر بود. همچنین مقایسه میانگین تیمارها تفاوت معنی‌داری را بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تعداد چتر در بوته نشان داد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار هشت تن ورمی‌کمپوست (۳۴ چتر در بوته) در مقایسه با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست (۳۲ چتر در بوته) و نسبت به تیمار شاهد (۲۹ چتر در بوته) به ترتیب شش و ۱۷ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین نتایج نشان داد که بین تعداد چتر در بوته در تیمارهای محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که تعداد چتر در بوته در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۳۳ چتر در بوته) در مقایسه با تیمار شاهد (۳۱ چتر در بوته) حدود ۶/۴ درصد افزایش یافت (جدول ۳). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) اظهار داشتند که همزیستی مایکوریزایی از طریق بهبود تغذیه گیاه و افزایش زیست‌توده در گیاه رازیانه موجب تسریع در گل‌دهی و افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در یک بررسی که توسط آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) بر روی توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و با استفاده از مقادیر پنج و ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست صورت گرفت مشخص شد که کاربرد ورمی‌کمپوست، به طور معنی‌داری تعداد گل‌ها را در مقایسه با شاهد افزایش داد. این تأثیر مثبت از طریق افزایش فعالیت میکروبی خاک و تولید تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه توسط این موجودات و نیز تدارک جذب بیشتر عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و متعاقباً باعث افزایش گل‌دهی می‌شود. اسیدهیومیک نیز با قدرت کلات‌کنندگی که دارد سبب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تعداد چتر در بوته می‌شود. در تحقیقی که کیانی و همکاران (Kiyani et al., 2011) بر روی گیاه بابونه (*Matricaria recutita* L.) انجام دادند، بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک باعث افزایش تعداد گل در گیاه دارویی بابونه می‌شود.

تعداد دانه در چتر: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر تلقیح مایکوریزا، استفاده از ورمی‌کمپوست و اثر متقابل بین مایکوریزا و ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد (جدول ۳) که بین تلقیح مایکوریزایی و عدم تلقیح تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در چتر وجود داشت (به ترتیب ۲۱۲/۲۲ و ۱۸۷/۸۸ دانه در چتر) به نحوی‌که تعداد دانه در چتر در نتیجه تلقیح مایکوریزایی حدود ۱۲/۹ درصد بیشتر بود. مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر تعداد دانه در چتر (جدول ۳) نیز بیانگر آن بود که بین شاهد و کاربرد چهار تن در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی مصرف هشت تن در هکتار ورمی‌کمپوست تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در چتر داشت. کاربرد هشت تن در هکتار سبب افزایش ۱۷/۸ درصد تعداد دانه در چتر نسبت به شاهد شد (به ترتیب ۲۲۱ و ۱۸۸ دانه در چتر). همچنین مقایسات میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر تعداد دانه در چتر نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۲۵۰ دانه در چتر) نسبت به شاهد (۱۸۴ دانه در چتر) افزایش معنی‌دار ۳۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). تعداد دانه در چتر تابعی از تراکم بوته و تعداد چتر در بوته است و به شرایط محیطی زمان گرده‌افشانی نیز بستگی دارد. افزایش تعداد چتر در بوته خود ناشی از مصرف کودهای آلی و بیولوژیک است که توسط مرادی و همکاران (Moradi et al., 2009) گزارش شده است.

وزن دانه در بوته: نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر عوامل مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک بر وزن دانه در بوته معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین اثر تلقیح مایکوریزا و عدم تلقیح از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری دیده می‌شود به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار تلقیح مایکوریزا (۱۷/۶۸ گرم) نسبت به تیمار عدم تلقیح (۱۴/۲۳ گرم) حدود ۲۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). همچنین مقایسات

میانگین نشان داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر تأثیر بر وزن دانه در بوته تفاوت معنی‌داری به چشم می‌خورد به طوری‌که وزن دانه در بوته در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۸/۳۸ گرم) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (۱۵/۹۶ گرم) و شاهد (۱۳/۵۳ گرم) به ترتیب حدود ۱۵ و ۳۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در خصوص محلول‌پاشی اسیدهیومیک نیز مشاهده شد که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۱۷/۸۰ گرم) نسبت به تیمار شاهد (۱۴/۱۲ گرم) افزایش ۲۶ درصدی را از نظر وزن دانه در بوته نشان داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک با تحریک رشد ریشه و در نتیجه افزایش میزان آب قابل دسترس برای گیاه، بهبود مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی و ساختمان خاک، سرعت و مدت فتوسنتز را افزایش داد و باعث افزایش وزن دانه در بوته می‌شود (Atiyeh et al., 2002). سبزواری و خزایی (Sabzevari & Khazaeei, 2009) با بررسی چهار سطح (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم) هیومیک‌اسید روی گندم بیان کردند که مصرف اسیدهیومیک منجر به افزایش تعداد دانه در سنبله شد.

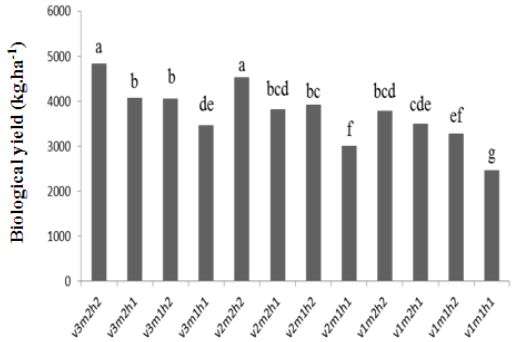
وزن هزار دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) مبین آن بود که اثر عوامل اصلی ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک و نیز اثر متقابل تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر وزن هزار دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد (جدول ۳) که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴/۵۵ گرم) در مقایسه با مصرف چهار تن ورمی‌کمپوست (۳/۹۹ گرم) و تیمار شاهد (۳/۸۶ گرم) به ترتیب به میزان ۱۴ و ۱۷/۵ درصد افزایش نشان داد. نتایج تأثیر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه نشان داد که وزن هزار دانه در تیمار محلول‌پاشی (۴/۳۴ گرم) در مقایسه با تیمار شاهد (۳/۹۱ گرم) در حدود ۱۱ درصد افزایش یافت (جدول ۳). همچنین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر روی وزن هزار دانه نیز تفاوت معنی‌داری را نشان داد. به طوری‌که وزن هزار دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا و کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴/۶۶ گرم) نسبت به شاهد (۳/۸۴ گرم) افزایش ۲۱ درصدی را در مورد وزن هزار دانه نشان داد (جدول ۳). کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیان کردند که تلقیح با قارچ مایکوریزا سبب بهبود وزن هزار دانه در گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.) نسبت به شاهد شد. ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک می‌توانند از طریق بهبود میزان فتوسنتز و تولید زیست‌توده گیاهی، وزن هزار دانه را افزایش دهند. همچنین تلقیح مایکوریزایی هم سبب می‌گردد که در زمان پر شدن دانه، شیره پرورده بیشتری به دانه منتقل شده و سبب بهبود وزن هزار دانه گردد.

عملکرد دانه: بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) تأثیر هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزایی، ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا (۱۱۹۹/۳۷ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار شاهد (۱۱۰۴/۵۸ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۸/۵ درصدی داشت (جدول ۳). در تحقیقی که محمدی و همکاران (Mohamadi et al., 2013) بر روی گیاه نخود (*Pisum sativum* L.) انجام دادند بیان کردند که کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و تعداد غلاف نسبت به شاهد شد. همچنین بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر روی عملکرد دانه نیز تفاوت معنی‌داری وجود داشت به طوری‌که عملکرد دانه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۳۱۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به چهار تن ورمی‌کمپوست (۱۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (۱۰۱۶ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب ۱۷ و ۲۹/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). در خصوص اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر عملکرد دانه، جدول مقایسه میانگین نشان داد که عملکرد دانه در تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۱۲۴۷/۶ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با تیمار شاهد (۱۰۵۶/۶ کیلوگرم در هکتار) به میزان ۱۸ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و مایکوریزا بر عملکرد دانه نیز نشان داد که تیمار تلقیح مایکوریزا و مصرف هشت تن ورمی‌کمپوست (۱۳۴۹ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۹۲۴ کیلوگرم در هکتار) افزایش ۴۵ درصدی را نشان داد (جدول ۳). طبق نتایج تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) افزایش عملکرد دانه در تیمار تلقیح مایکوریزا می‌تواند ناشی از بهبود اجزای عملکرد در گیاه رازیانه باشد. در تحقیقی که رضایی و همکاران (Rezaeei & Baradaran, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendola persica* L.) انجام دادند بیان کردند که مصرف کود ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده، وزن هزار دانه و

شاخص برداشت شد. در تحقیق حاضر به نظر می‌رسد که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیر بر قدرت جذب و نگهداری طوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس بر افزایش اجزای عملکرد رازیانه تأثیر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه گردیده است. اسیدهیومیک نیز از طریق اعمال اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. ناردی و همکاران (Nardi et al., 2002) بیان کردند که اسیدهیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزی شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

عملکرد بیولوژیک: طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری توسط هر سه فاکتور تلقیح مایکوریزا، ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک در سطح یک درصد و اثرات سه جانبه در سطح پنج درصد تحت تأثیر قرار گرفت. مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مقدار عملکرد بیولوژیک در تلقیح مایکوریزا (۴۰۸۳/۲۲ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با عدم تلقیح (۳۳۵۷/۲۵ کیلوگرم در هکتار) حدود ۲۰ درصد افزایش وجود داشت (جدول ۳). مقایسه میانگین نتایج نشان‌ها داد که بین سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود دارد به نحوی‌که کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست (۴۰۹۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به کاربرد چهار تن (۳۸۱۲ کیلوگرم) و تیمار شاهد (۳۲۵۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب افزایش ۷/۵ و ۲۶ درصدی در عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول ۳). بین محلول‌پاشی اسیدهیومیک و عدم محلول‌پاشی از نظر تأثیر بر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری دیده شد به طوری‌که تیمار محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۴۰۵۹/۵۱ کیلوگرم در هکتار) نسبت به شاهد (۳۳۸۰/۹۷ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش ۲۰ درصد در عملکرد بیولوژیک شد (جدول ۳). مقایسات میانگین اثرات سه جانبه نشان داد که ترکیب تیماری تلقیح مایکوریزایی همراه با کاربرد هشت تن ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۴۸۲۳ کیلوگرم در هکتار) از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به تیمار شاهد (۲۴۶۳ کیلوگرم در هکتار) برتری ۹۰ درصدی داشت (شکل ۲).

قارچ‌های مایکوریزا از طریق بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در همین زمینه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) بر روی گیاه دارویی رازیانه به نتایج مشابهی دست یافتند. در تحقیقی که فرجامی و نبوی (Farjami & Nabavi, 2013) بر روی گیاه دارویی همیشه‌بهار انجام دادند بیان کردند که بیشترین عملکرد گل خشک، تعداد گل، درصد اسانس و ماده مؤثره گل در سطح مصرف ده کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک و بیشترین عملکرد بذر نیز از مصرف پنج کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به دست آمد. گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) بر روی نعناع و کاپور (Kapoor et al., 2002) بر روی شوید بیان کردند که کاربرد ده تن در هکتار ورمی‌کمپوست و تلقیح مایکوریزا باعث ایجاد تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیکی نسبت به شاهد می‌شود. انور و همکاران (Anwar et al., 2005) در مطالعه خود بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و گیاه دارویی نعناع مشاهده نمودند که کاربرد سطوح مختلف ورمی‌کمپوست در مقایسه با شاهد به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیکی را بهبود بخشید. اعتقاد بر این است که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه موجبات رشد بهتر اندام‌های هوایی و تولید ماده خشک را فراهم می‌کند. آیاس و گالسر (Ayas & Gulser, 2005) گزارش کردند که اسیدهیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن سبب افزایش رشد و بالطبع افزایش عملکرد بیولوژیکی می‌شود.



شکل۲- تأثیر ترکیب تیماری ورمی‌کمپوست، قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد بیولوژیک رازیانه

Fig. 2- Effects of combination of vermicompost, mycorrhiza and humic acid on biological yield

شاخص برداشت: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر دو فاکتور تلقیح مایکوریزایی و ورمی‌کمپوست بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین اثر تیمارها بر شاخص برداشت نشان داد که بین تلقیح مایکوریزایی (۲۹/۳۵ درصد) و عدم تلقیح (۳۲/۹۱ درصد) تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود دارد به نحوی‌که شاخص برداشت در تلقیح با مایکوریزا (۲۹/۳۵

درصد) نسبت به عدم تلقیح (۳۲/۹۲ درصد)، کاهش نشان داد (جدول ۳) که البته این نتایج با نتایج درزی و همکاران (Darzi et al., 2006) مطابقت داشت. نتایج این بررسی نشان داد که بیشترین شاخص برداشت با کاربرد چهار تن ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد به دست آمد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تأثیر همزیستی مایکوریزایی در بهبود رشد و افزایش عملکرد بیولوژیکی بیشتر از تأثیر آن بر عملکرد اقتصادی گیاه بوده و به همین دلیل موجب کاهش در شاخص برداشت گردید است.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق به خوبی تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست، تلقیح با قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدهیومیک را بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد گیاه رازیانه نشان داد. از آن‌جا که در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی متعددی گردیده است، لذا به‌کارگیری این تیمارها بدون ایجاد صدمات زیست‌محیطی و با حفظ پایداری محیط و فراهم‌آوری عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد محصول می‌شوند.

منابع

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource. Technology 93: 145-153.

Ardekani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Astaraei, A., and Koocheki, A. 1996. Biofertilizer Application in Sustainable Agriculture. Publication of Jihade Daneshgahi Mashhad, Mashhad, Iran 168 pp. (In Persian)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Chen, y., Clap, C.E., Magen, H., and Clin, V.W. 1999. Stimulation of plant Growth by Humic substances: Effects on Iron Availability. In: Ghabbour, E.A., and Davies, G. understanding Humic substances: Advanced Methods, properties and applications. Royal society of chemistry, Cambridge. UK.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and biophosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Darzi, M., Ghalavand, A., Rajali, F., and Sefidkan, F. 2006. Effects of biofertilizer application on yield and yield components of *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Medicinal and Aromatic Plants Research 22(4): 276-292. (In Persian with English Summary)

Farjami, A., and Nabavi, K. 2013. Role of humic acid and phosphorus on quality and quantity of marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology 8(4): 443-452. (In Persian with English Summary)

Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular *arbuscular* mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-*arbuscular* mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource. Technology 81: 77-79.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bio inoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18: 459-463.

Kiyani, M., Nabavi Kalat, S.M., and Kelarestaghy, K. 2011. Study on the effects of humic acid and phosphorus on flower yield of *Matricaria*. 6th National Conference on New Idea in Agriculture, Khoorasgan Islamic Azad University. (In Persian)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Jahan, M., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Effects of *arbuscular* mycorrhizal fungi and free-living nitrogen- fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd Conference of the International Society of Organic Agriculture Research (ISOFAR). Modena, Italia.

Mohamadi, A., Asghari, H.R., and Gholami, A. 2013. Use of biological fertilizer (mycorrhizal fungi) on phosphorus availability in cicer (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agronomic Research 11(4): 658-665. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghadam, P., Nasiri Mhallati, M., and Lagziyan, A. 2009. Effects of organic and bifertilizer on seed yield and essence of *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Field Crops Research Agronomical Research 7: 625-635 (In Persian with English Summary)

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. Motia by *rhizobacteria*, AMF and *azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Rezaeei, M., and Baradaran, R. 2013. Study the effects of different organic fertilizers on yield and yield components of marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Research on Medicinal and Aromatic Plants 29(3): 635-650. (In Persian with English Summary)

Rezvani moghadam, P., Bakhshaee, S., Ghafoori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis.* National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R., and Kafi, M. 2009. Effects of humic acid root and shoot growth of two varieties of wheat, Sayounz and Sabalan. Journal of Water and Soil 23: 87-94 (In Persian with English Summary)

Salehrastin, N. 2001. Biofertilizers and their effects on sustainable agriculture. Research, Education and Extension of Agricultural Organization Press, Iran p. 1-54.

Samavat, S., Pazooki, A., Ladan Moghadam, A., and Samacat, S. 2008. Principles of organic matter application in agriculture. Technical Report. Garmsar Islamic Azad University Press. (In Persian with English Summary)

Shabahang, J., Khorramdel, S., and Gheshm, R. 2013. Evaluation of symbiosis with mycorhizzal on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajowan (*Carum copticum* L.) under different nitrogen levels. Journal of Agroecology 5(3): 289-298. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India p. 407.

Sharma, S., Pradhan, K., Satya, S., and Vasudevan, P. 2005. Potentiality of earthworms for waste management and in other uses– A review. Journal of American Science 1: 4-16.

Sreenivas, C., Muralidhar, S., and Rao, M.S. 2000. Vermicompost, a viable component of IPNSS in nitrogen nutrition of ridge gourd. Annual Agriculture Research 21: 108-113.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 225-236

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۳۶-۲۲۵

پهنه‌بندی مکانی کشت زعفران (*Crocus sativus* L.) بر اساس عوامل اقلیمی با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: شهرستان تربت حیدریه)

مهدیه رشید سرخ‌آبادی[1*]، علی شهیدی[2] و عباس خاشعی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۷

چکیده

در بین عوامل مختلف تأثیرگذار در تولید محصولات کشاورزی، شرایط اقلیمی از مهمترین متغیرهای محیط طبیعی است. از سویی دیگر اساس توسعه کشاورزی، آگاهی دقیق از ویژگی‌های محیطی در هر نقطه و اعمال مدیریت ویژه می‌باشد. زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران-بهاترین محصول کشاورزی و دارویی جهان از جمله گیاهانی است که نقش قابل توجهی در وضعیت اقتصادی و اجتماعی مناطق خشک و نیمه‌خشک خراسان جنوبی و مرکزی پیدا کرده است. بر این اساس، این تحقیق به منظور ارزیابی شرایط اقلیمی برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه در یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰ میلادی) صورت گرفت. بدین منظور، ده ایستگاه هواشناسی استان انتخاب و به کمک محیط نرم افزاری Arc GIS مدل‌سازی و تحلیل فضایی اطلاعات صورت گرفت. با بهره‌گیری از شرایط اقلیمی مطلوب در هر مرحله از رشد زعفران، لایه‌های اطلاعاتی کلاس‌بندی و ارزش وزنی هر کدام از پهنه‌ها مشخص گردید. در نهایت، به منظور هم‌پوشانی لایه‌های اطلاعاتی با استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره مبتنی بر روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، نقشه نهایی که پتانسیل اقلیمی را برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه نشان می-داد، تهیه گردید. نتایج نشان‌دهنده این واقعیت بود که نقش هر یک از عناصر اقلیمی بارش، دما و تعداد ساعات آفتابی، متناسب با مراحل مختلف رشد، در مناطق مختلف شهرستان متفاوت بود و از مجموع ۹۵۷۰/۲۰۷۰ کیلومترمربع از مساحت شهرستان تربت حیدریه، چهار درصد از اراضی شهرستان دارای کیفیت بسیار مناسب، ۵۰/۵ درصد دارای کیفیت مناسب، ۲۷ درصد دارای شرایط متوسط برای کشت، ۸/۵ درصد ضعیف و حدود ده درصد از اراضی منطقه را نقاط بسیار ضعیف در بر می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: زمین آمار، سیستم اطلاعات جغرافیایی، کشت‌بوم، نرم افزار اکسپرت چویس

مقدمه

آب و هوا یکی از مهم‌ترین عواملی است که در طول تاریخ مورد توجه انسان بوده است. علت این امر، نقش مهم عناصر آب و هوایی بر زندگی بشر و خصوصاً تولیدات کشاورزی است (Mohamadi & Moghtaderi, 2005). با توجه به تأثیرپذیری غیر قابل انکار گیاهان زراعی از تغییرات اقلیمی هر منطقه، شناخت این ویژگی‌ها و خصوصیات در هر منطقه به برنامه‌ریزان و کشاورزان آن منطقه کمک می‌نماید تا با آگاهی کافی نسبت به امکان بروز حوادث جوی به تنظیم برنامه کشت و کار و برداشت محصول و همچنین انتخاب نوع کاشت اقدام نمایند. آگاهی از چگونگی تناسب و انطباق فعالیت‌های کشاورزی هر منطقه با شرایط آب و هوایی آن لازمه هر گونه فعالیت کشاورزی است. تأثیر عوامل آب و هوایی بر کشاورزی از سایر فعالیت‌ها بیشتر بوده و به همین دلیل شناخت روابط متغیرهای اقلیمی بر محصولات، اهمیت و ارزش اقتصادی و اجتماعی بالایی برای کشورها دارد (Kamali, 1997). برخی دانشمندان بر این اعتقادند که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (Khaledi, 1994)

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. از خانواده زنبق می-باشد و در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ده درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی، در مناطق بسیار کم‌باران ایران که دارای زمستان

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mahdiehrashid@gmail.com)

سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد. زعفران به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر ایران بزرگ‌ترین تولید کننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2002). بر این اساس، شناسایی قابلیت‌ها و توانمندی‌های سرزمین قبل از بارگذاری فعالیت‌های گوناگون بسیار حایز اهمیت است. حاتمی سردشتی و همکاران (Hatami Sardashti et al., 2011) با بررسی رابطه رگرسیونی میان عملکرد کلاله زعفران با شاخص پایداری نهایی اظهار داشتند که رابطه این دو شاخص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

سیستم اطلاعات جغرافیایی[1] را تکنولوژی اطلاعات فضایی می‌نامند که امکان آزمون و تجزیه و تحلیل دامنه وسیع‌تری از منابع مرتبط با کشاورزی، به صورت همزمان و دقیق را فراهم می‌آورد. آزمون‌پذیری همزمان متغیرها در محیط GIS منجر به درک بهتر عملگرهای سیستم کشاورزی و نیز اثرات متقابل مکان و زمان است. این درک منجر به توسعه پایدار و تثبیت پویایی تکنولوژی کشاورزی است (Narayana, 2011). با توجه به این‌که سنجش تناسب اراضی در سطح منطقه مورد مطالعه نیاز به لحاظ نمودن عوامل و معیارهای مختلف دارد، لازم است از روش‌های تحلیل چند معیاره[2] (MCDA) استفاده شود (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008). در این زمینه روش‌های مختلفی وجود دارد که روش تحلیل سلسله مراتبی[3] یکی از گسترده‌ترین ابزارهای تصمیم‌گیری چند معیاره است (Omkarprasad, 2004). روش AHP، ابزاری جهت ساده‌سازی تصمیم‌گیری‌های پیچیده است با این توصیف که در تحلیل تصمیم چند معیاره به جای استفاده از یک معیار سنجش بهینه از چندین معیار سنجش ممکن است استفاده گردد (Asgharpoor, 2006). در این روش ابتدا مجموعه‌ای از معیارهای متناسب با هدف یا اهداف تصمیم توسط کارشناسان تعیین، و پس از وزن‌دهی و اولویت‌بندی به منظور انجام ارزیابی توان و مکان‌یابی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Xue et al., 2007). یکی از مزیت‌های فرایند تحلیل سلسله مراتبی امکان بررسی سازگاری در قضاوت‌های انجام شده برای تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها است. وقتی اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر برآورد می‌شود احتمال ناهماهنگی در قضاوت‌ها وجود دارد. پس باید سنجه‌ای را یافت که میزان ناهماهنگی داوری‌ها را نمایان سازد (Tofigh, 1994).

بررسی درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر در خراسان جنوبی به منظور شناسایی مناطق مستعد کشت زعفران با استفاده از GIS انجام شد. نتایج نشان داد که درجه حرارت حداقل در ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی تأثیرگذارتر بر عملکرد نسبت به سایر ماه‌ها می‌باشند. از نظر درجه حرارت میانگین، ماه‌های مهر، آبان، آذر و دی مؤثرتر می‌باشند. درجه حرارت حداکثر در ماه‌های آبان، آذر، دی و اسفند، بیشترین تأثیر را بر عملکرد می‌گذارد. (Koozehgran et al., 2011).

در مطالعه‌ای در دشت نیشابور، نواحی مستعد کشت زعفران با استفاده از نقشه‌های سطوح ارتفاعی، شیب، قابلیت اراضی، عمق خاک، دسترسی به آب‌های سطحی و زیرزمینی و آستانه‌های دمایی مؤثر در کشت زعفران شناسایی شده است. نتایج حاصل نشان داد که ۲۱۴۶ کیلومترمربع از اراضی دشت دارای استعداد بسیار خوب برای توسعه کشت زعفران می‌باشند که در حال حاضر کاربری این اراضی به کشت دیم، کشت آبی، مراتع نیمه‌متراکم و مراتع متراکم اختصاص دارد. با تغییر این اراضی به کاربری کشت زعفران می‌توان توسعه اقتصادی و ارزش افزوده را برای این منطقه رقم زد (Farajzade & Myrzabayati, 2007).

سنجش تناسب اراضی استان قزوین برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره انجام شد. معیارهای تحت بررسی شامل اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین بودند. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کارآیی روش تحلیل سلسله مراتبی در سنجش قابلیت اراضی برای کشت زعفران بود و بر اساس آن استان قزوین به سه بخش مناسب، نسبتاً مناسب و نامناسب تقسیم شد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

مطالعه‌ای با عنوان سنجش قابلیت اراضی شهرستان مرند برای کشت زعفران بر اساس روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره بر اساس معیارهای اقلیم، توپوگرافی و استعداد اراضی و پوشش زمین انجام گرفت و شهرستان مرند به سه بخش قابل کشت، نسبتاً قابل کشت و غیر قابل کشت تقسیم‌بندی شد (Yazdchy et al., 2011).

از آن‌جا که تاکنون مطالعه‌ای در خصوص پتانسیل‌یابی اقلیمی

1- Geographic information system (GIS)
2- Multi criteria decision making
3- Analytical hierarchy process

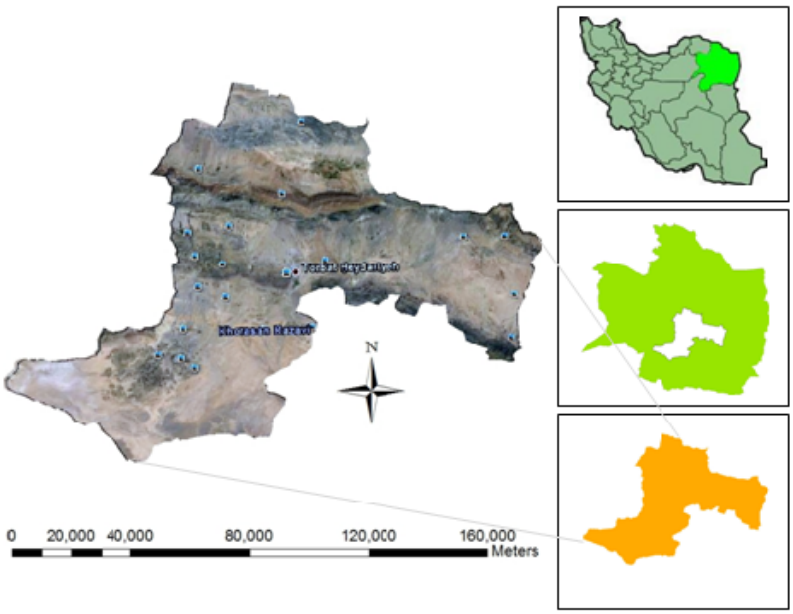
کشت زعفران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی در شهرستان تربت حیدریه انجام نشده است. بنابراین، در این مطالعه سعی بر آن است که با استفاده از نرم‌افزار GIS و تحلیل‌های حاصل از آن و استفاده از منطق‌های ریاضی به کار برده شده در علم مکان‌یابی، شرایط اقلیمی شهرستان تربت حیدریه بر اساس نیازهای محصول زعفران، بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: شهرستان تربت حیدریه با وسعت ۹۵۷۰ کیلومترمربع و به فاصله ۱۴۲ کیلومتری از مرکز استان خراسان رضوی در مدارهای ۵۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۴ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. از شمال به شهرستان‌های فریمان و مشهد و از جنوب به شهرستان گناباد و از سمت شرق به شهرستان رشتخوار و از سمت غرب به شهرستان‌های نیشابور و کاشمر محدود می‌شود. ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۳۳۳ متر و بلندترین نقطه آن ۳۰۱۳ متر به نام قله کوه مکلان می‌باشد (شکل ۱).

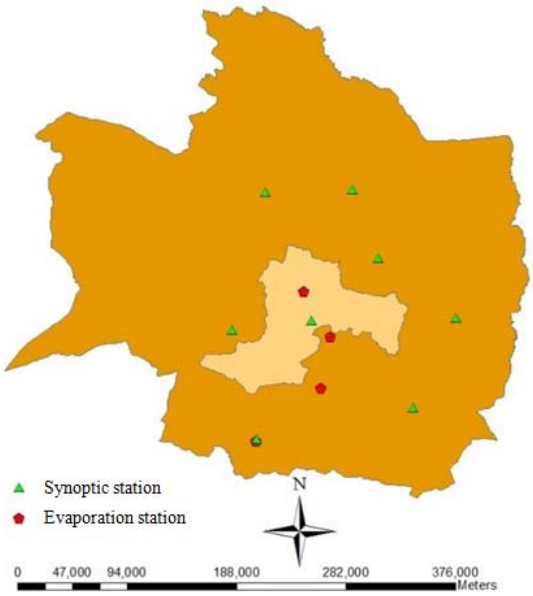
در این پژوهش از یک دوره آماری ده ساله (۲۰۱۰-۲۰۰۰) و آمار سینوپتیک ده ایستگاه استفاده شد (شکل ۲). با توجه به تنوع اطلاعات، به منظور پتانسیل‌یابی اقلیمی برای کشت زعفران، روش سلسله مراتبی (AHP) به عنوان مدل انتخاب، و با استفاده از آن به هم‌پوشانی و تجزیه و تحلیل لایه‌ها اقدام شد. بدین‌منظور، از نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی Arc GIS 9.3 استفاده گردید.

جهت تعیین توان یا محدودیت مناطق مختلف شهرستان تربت حیدریه برای کشت زعفران، پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها، به منظور پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آمار، داده‌های نقطه‌ای معیارهای تصمیم‌گیری در سطح دشت میان‌یابی شدند که کمترین مقدار مجذور میانگین مربع خطا[1] (RMSE) به عنوان معیار انتخاب روش‌های مختلف در پهنه‌بندی هر معیار مورد استفاده قرار گرفت. روش کریجینگ با داشتن کمترین مقدار RMSE، به عنوان مناسب‌ترین روش پهنه‌بندی انتخاب و معیارهای مورد نظر با استفاده از این روش میان‌یابی شدند. جهت ترسیم نقشه واقعی و دقیق هم‌بارش نیز، ابتدا بین داده‌های آماری بارش با ارتفاع ایستگاه مورد نظر یک آزمون ضریب همبستگی خطی انجام شد.

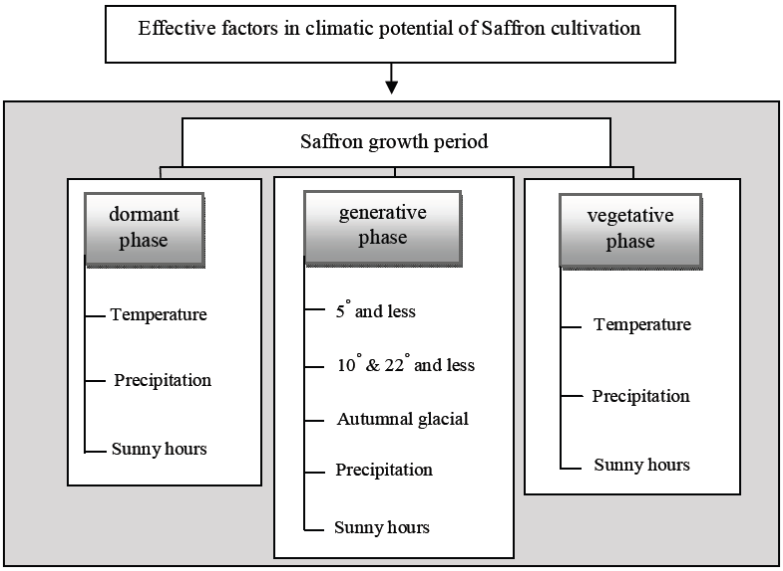


شکل ۱- موقعیت قرارگیری شهرستان تربت حیدریه در ایران
Fig. 1- Position of Torbate Hydariyeh city in Iran

1- Root mean squared error



شکل ۲- نمایش موقعیت قرارگیری ایستگاه‌های هواشناسی
Fig. 2- Position of weather stations



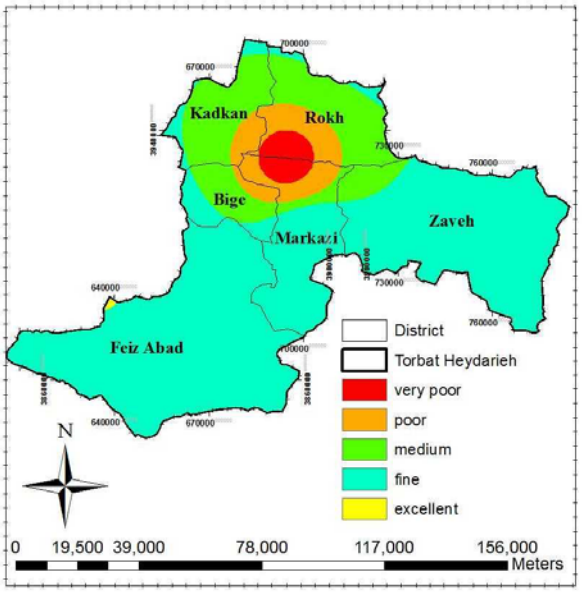
شکل ۳- عوامل مؤثر در پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران
Fig. 3- Effective factors in climatic potential of saffron cultivation

با توجه به بالا بودن این ضریب از طریق معادله (y=ax+b) مقدار a و b را به دست آورده و سپس نقشه مدل ارتفاعی منطقه در ضرایب a و b اعمال شد تا مقدار بارش مورد نظر برای تمامی نقاط ارتفاعی پهنه مورد بررسی مطالعه شود. لازم به ذکر است که به منظور کلاس‌بندی پارامترهای اقلیمی از پژوهش انجام شده توسط فرجزاده و میرزا بیاتی (Farajzade & Myrzabayati, 2007) استفاده شد.

سپس بر اساس مدل AHP به ارزش‌گذاری عوامل مؤثر اقدام گردید. شکل ۳ فهرست معیارهای مورد بررسی و زیر شاخه‌های هر یک از آن‌ها را نشان می‌دهد.

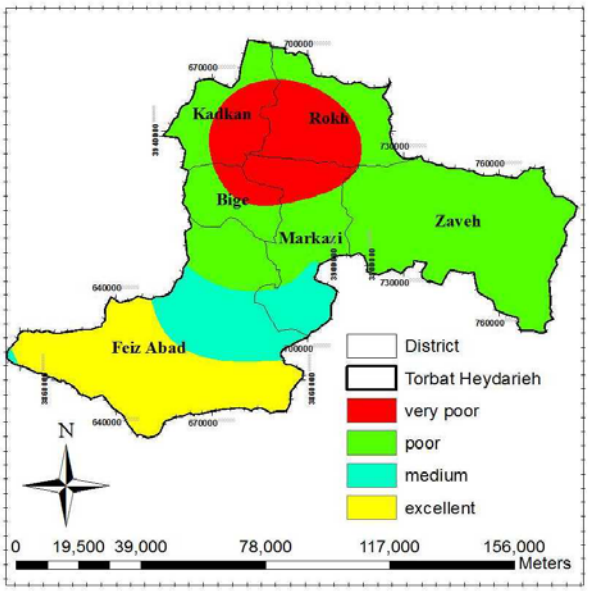
در این تحقیق برای تعیین وزن کلی و ارجعیت عوامل مختلف و تبدیل آن‌ها به مقادیر کمی، از نظرات کارشناسی استفاده شد. پس از محاسبه امتیاز نهایی گزینه‌ها و بررسی سازگاری منطقی قضاوت‌ها با

استفاده از نرم افزار Expert Choice، لایه‌های اطلاعات مکانی مورد نیاز به وجود آمدند.



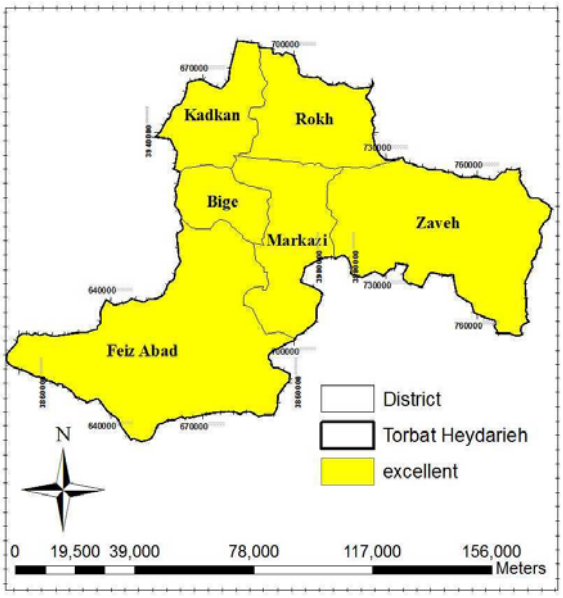
شکل ٤- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای پنج درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 4- Geographical distribution of probability of 5° temperature and less in generative phase of saffron



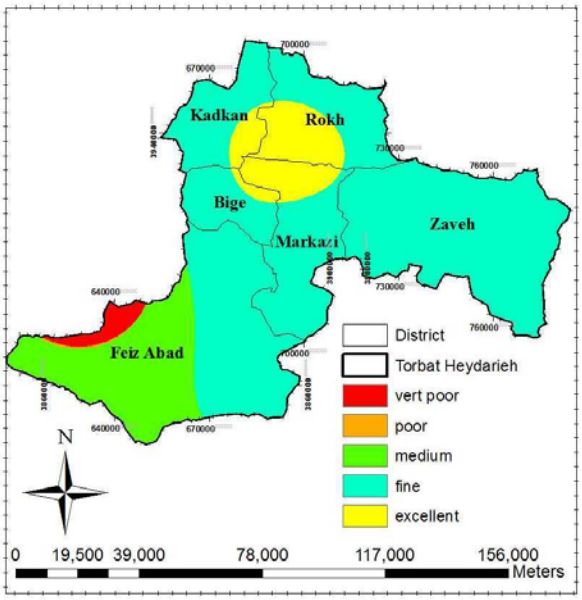
شکل ٥- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع یخبندان پاییزی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 5- Geographical distribution of probability of autumnal glacial in generative phase of saffron



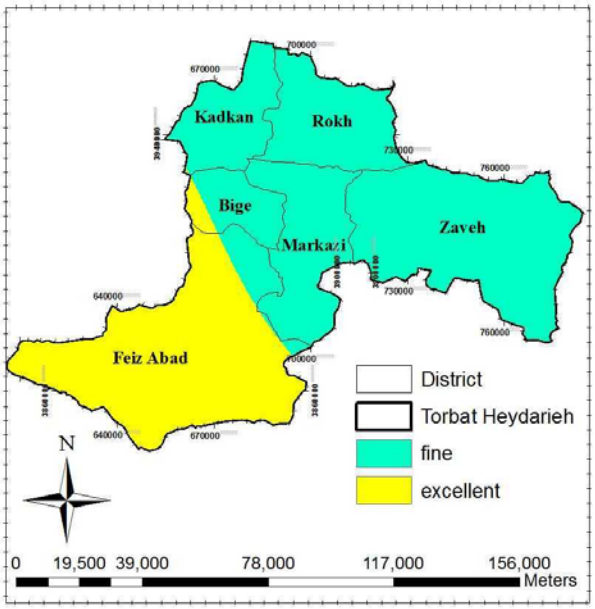
شکل ٦- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ۲۲ درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 6- Geographical distribution of probability of 22° temperature and less in generative phase of saffron



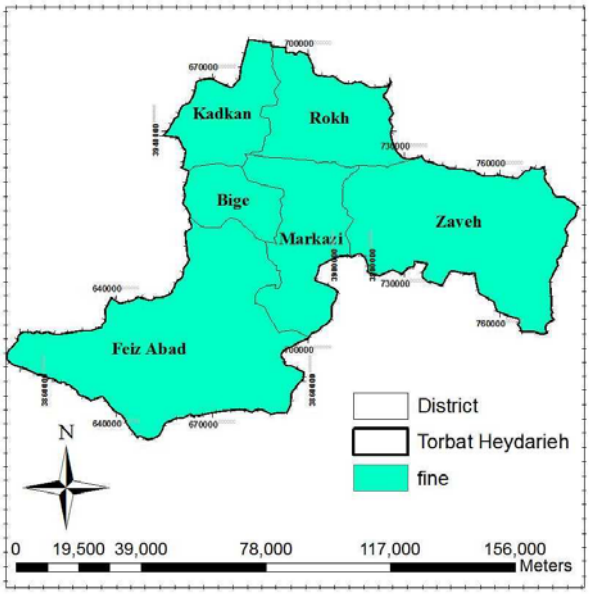
شکل ۷- توزیع جغرافیایی احتمال وقوع دمای ده درجه و کمتر در مرحله زایشی زعفران

Fig. 7- Geographical distribution of probability of 10° temperature and less in generative phase of saffron



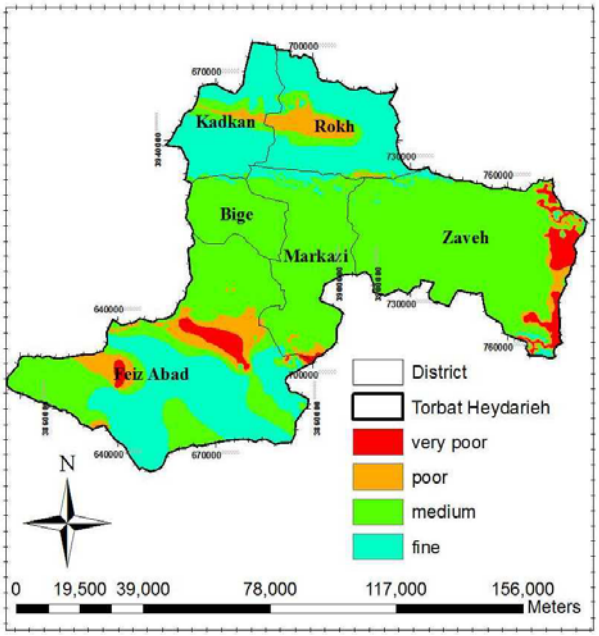
شکل ۸- توزیع جغرافیایی میانگین حداقل دما در مرحله رویشی زعفران

Fig. 8- Geographical distribution of minimum temperature average in vegetative phase of saffron



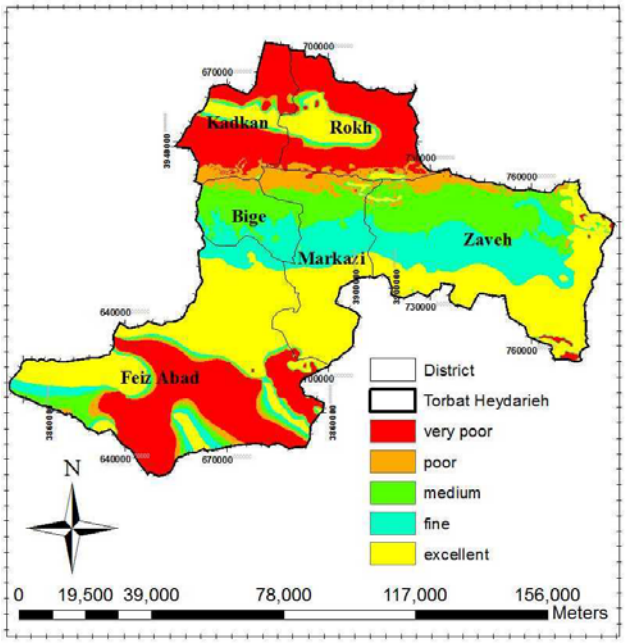
شکل۹- توزیع جغرافیایی میانگین حداکثر دما در مرحله رکود زعفران

Fig. 9- Geographical distribution of maximum temperature average in dormant phase of saffron



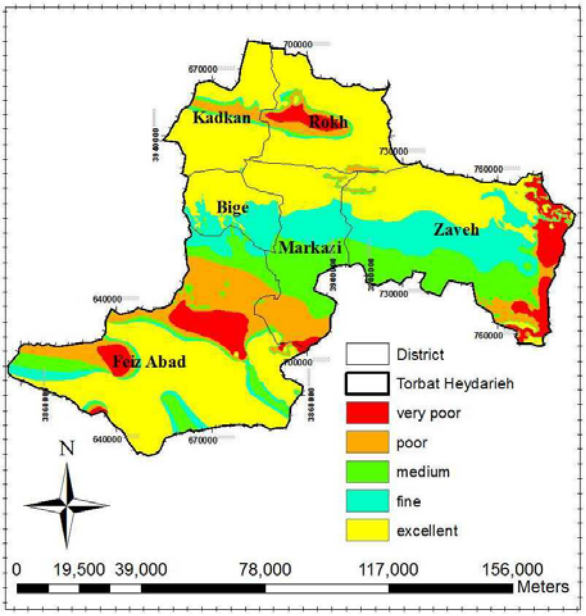
شکل ۱۰- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله زایشی زعفران

Fig. 10- Geographical distribution of rain average in generative phase of saffron



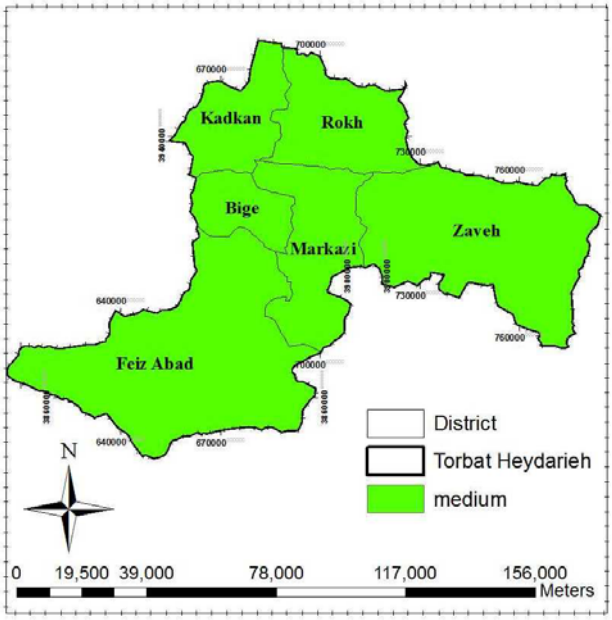
شکل ۱۱- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله رویشی زعفران

Fig. 11- Geographical distribution of rain average in vegetative phase of saffron



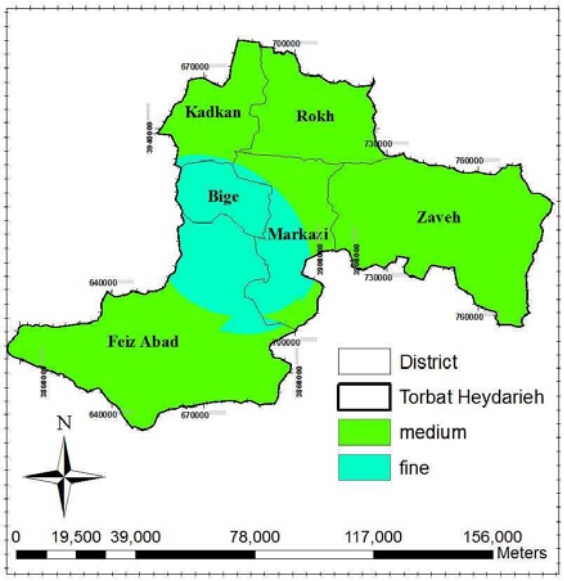
شکل ۱۲- توزیع جغرافیایی میانگین بارش در مرحله رکود زعفران

Fig. 12- Geographical distribution of rain average in dormant phase of saffron



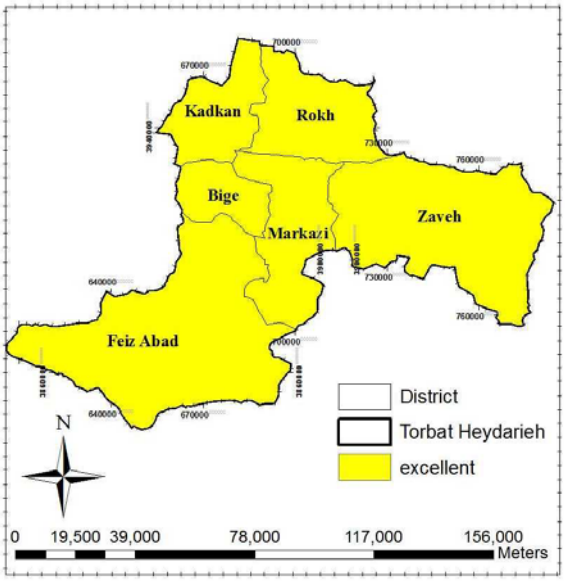
شکل ۱۳- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 13- Geographical distribution of sunny hours average in generative phase of saffron



شکل ۱٤- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله رویشی زعفران

Fig. 14- Geographical distribution of sunny hours in vegetative phase of saffron



شکل ۱۵- توزیع جغرافیایی میانگین تعداد ساعات آفتابی در مرحله رکود زعفران

Fig. 15- Geographical distribution of sunny hours in dormant phase of saffron

به طور کلی نرخ ناسازگاری معیاری است جهت تشخیص معنی‌داری ماتریس‌های مقایسه زوجی و مقدار آن باید کمتر از ۰/۱ باشد (Dey & Ramcharan, 2000). با توجه به معیارهای مورد نظر نظیر دما، بارش و تعداد ساعات آفتابی، تجزیه و تحلیل‌ها به کمک نرم افزار GIS صورت گرفت و پس از انجام مدل‌سازی فضایی و هم‌پوشانی اطلاعات، لایه نهایی تهیه گردید.

نتایج و بحث

به منظور بررسی تغییرات مکانی که از اهداف اصلی این پژوهش بوده، در گام اول با در نظر گرفتن مراحل رشد زعفران و با توجه به این نکته که هر مرحله به شرایط اقلیمی خاصی نیاز دارد، نقشه عوامل اقلیمی مورد نیاز هر مرحله از رشد ایجاد شد (شکل‌های ۴ تا ۱۴).

توزیع جغرافیایی احتمالات وقوع دماهای مناسب در مراحل رشد زعفران: با توجه به شکل‌های ۴ تا ۹ احتمال وقوع دمای صفر و پنج درجه و کمتر، در مناطقی از بخش‌های رخ، کدکن، بایگ و مرکزی دارای بیشترین مقدار می‌باشد و چنان‌چه این آستانه‌های دمایی در مرحله گلدهی به مقداری کمتر از این مقادیر کاهش یابد، به علت سرمازدگی و عدم تأمین حرارت مورد نیاز جهت جوانه‌زنی و رشد، باعث افت شدید عملکرد محصول می‌گردد، این در حالی است که سایر نقاط شهرستان از شرایط مطلوبی برخوردار هستند. از نظر احتمال وقوع دمای ده و ۲۲ درجه و کمتر که از شرایط آغاز دوره گلدهی می‌باشد، سایر نقاط شهرستان از شرایط مناسبی برخوردارند، در غیر این صورت گیاه سبزینه خواهد داد (Nokandi, 1999). بنابراین، با توجه به این‌که گلدهی زعفران توسط دما کنترل می‌شود (Kafi et al., 2001)، و دوره گلدهی حساس در عملکرد می‌باشد، در صورتی که سایر شرایط فراهم باشد، می‌توان عملکرد خوبی را در این مناطق انتظار داشت. از طرفی حداکثر بردباری زعفران به سرما در مرحله رشد رویشی ۱۸- تا ۲۰- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای قابل تحمل در گرما برای این گیاه در مرحله رکود ۳۵ تا ۴۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008) که محدودیتی از نظر این آستانه‌های دمایی در منطقه مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود.

توزیع جغرافیایی میزان بارندگی در مراحل رشد زعفران: با توجه به شکل ۱۰ اکثر مناطق شهرستان محدودیتی از نظر میزان بارش مورد نیاز در مرحله گلدهی ندارند، اما با توجه به شکل ۱۱ و توجه به این نکته که نزولات جوی بیشترین تأثیر را در رشد زعفران در مرحله رویشی دارند (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008)، می‌بایست تمهیدات لازم در خصوص تأمین آب مورد نیاز گیاه در این مرحله در مناطق شمالی و جنوبی شهرستان، صورت گیرد. از طرفی بارش در فصل تابستان که پیاز در خواب است برای گیاه مضر می‌باشد (Mohammadi et al., 2011) که با دقت در شکل ۱۲ حدود ۸۰ درصد از مساحت منطقه از شرایط مناسبی در این مرحله برخوردارند.

شکل ۱۶- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله زایشی زعفران

Fig. 16- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in Birth period of saffron

شکل ۱۷- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رویشی زعفران

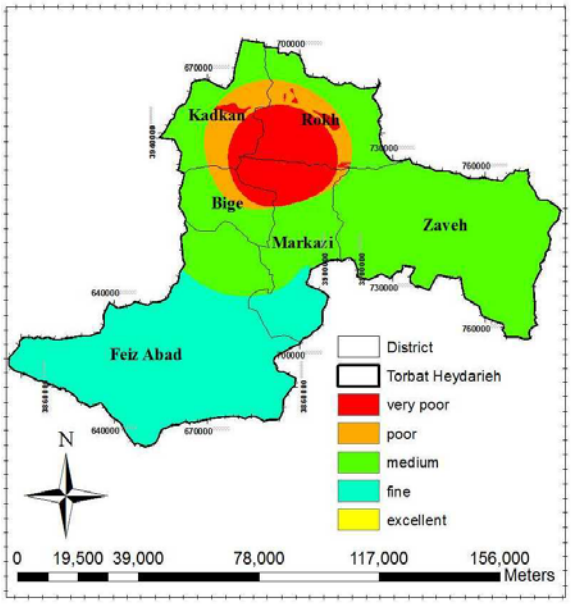
Fig. 17- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in germination period of saffron

شکل ۱۸- امتیاز نهایی و نرخ ناسازگاری پارامترهای اقلیمی در مرحله رکود زعفران

Fig. 18- The final score and inconsistency rate of climatic parameters in latency period of saffron

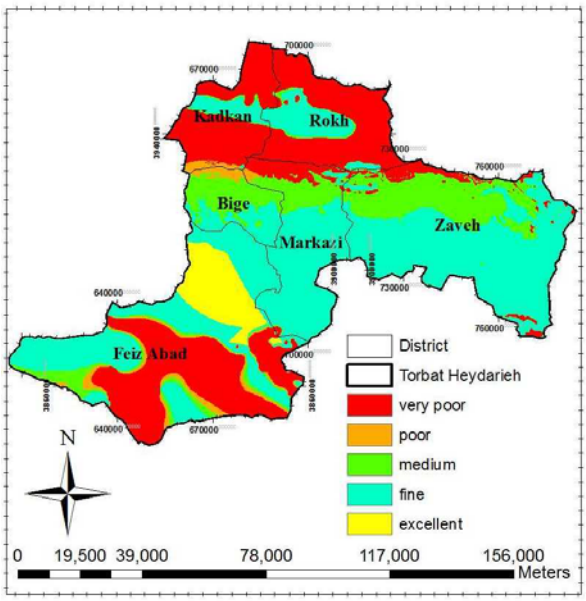
توزیع جغرافیایی تعداد ساعات آفتابی: با توجه به شکل‌های ۱۳ تا ۱۵ تعداد ساعات آفتابی مورد نیاز در کلیه مراحل رشد زعفران در سایر نقاط شهرستان تأمین شده و محدودیتی وجود ندارد. پس از تهیه لایه‌های مورد نیاز در هر مرحله از رشد زعفران، امتیاز نهایی برای هر یک از پارامترها و نرخ ناسازگاری ماتریس‌های عوامل مؤثر در مکان‌یابی، توسط نرم‌افزار Expert Choice محاسبه شد که نتایج حاصل در شکل‌های ۱۶ تا ۱۸ نشان داده شده است.

نتایج پهنه‌بندی مناطق مستعد کشت زعفران از نظر پارامترهای اقلیمی در هر مرحله از رشد این گیاه، در شکل‌های ۱۹ تا ۲۱ نمایش داده شده است که حاصل اعمال وزن‌های AHP در نقشه‌های ۳ تا ۱۴ می‌باشند:



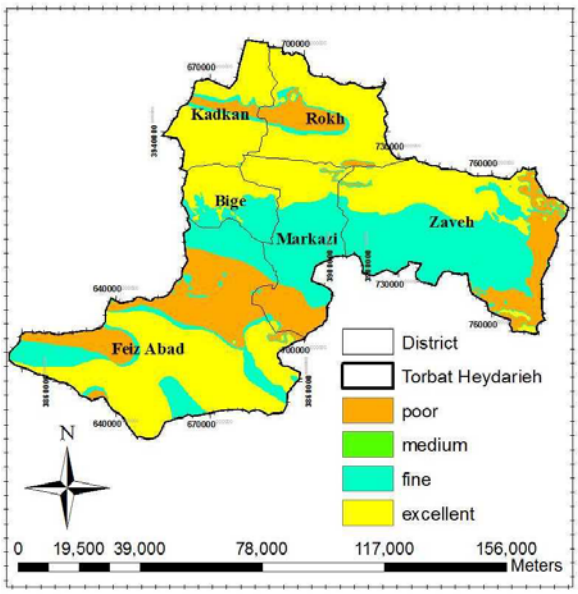
شکل ۱۹- پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در مرحله رشد زایشی

Fig. 19- Climatic potential of saffron cultivation in generative phase



شکل ۲۰- نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رشد رویشی

Fig. 20- Climatic potential of saffron cultivation in vegetative phase



شکل ۲۱- نواحی مستعد کشت زعفران در مرحله رکود

Fig. 21- Climatic potential of Saffron cultivation in Dormant phase

در مورد شرایط اقلیمی مرحله زایشی همان‌طور که در نقشه پهنه-بندی شهرستان (نقشه ۱۹) مشخص است، نیمه جنوبی منطقه از شرایط مناسب اقلیمی برخوردار می‌باشد. بر اساس کلاس‌های تعریف شده با توجه به شکل ۱۹ مشخص می‌شود که:

۱- ناحیه مناسب در جنوب شهرستان قرار دارد و مساحتی حدود ۳۲ درصد از منطقه را به خود اختصاص می‌دهد.

۲- ناحیه متوسط نیمه شمالی شهرستان را در بر گرفته و حدود ۵۲ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص داده است.

۳- ناحیه ضعیف تنها در بخش کوچکی از نیمه شمالی شهرستان قرار گرفته و مساحت کمی در حدود شش درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد.

۴- ناحیه بسیار ضعیف قسمت‌هایی از بخش‌های رخ، مرکزی، بایگ و کدکن را شامل می‌شود و حدوداً ده درصد از مساحت شهرستان را به خود اختصاص می‌دهد.

نقشه پهنه‌بندی شرایط اقلیمی در مرحله رشد رویشی زعفران، در شکل ۲۰ نشان داده شده است:

با توجه به این شکل ملاحظه می‌شود که نواحی شمالی و جنوبی شهرستان از شرایط نامناسبی برخوردارند. بر این اساس از پنج کلاس تعریف شده در این مرحله می‌توان دریافت که:

۱- منطقه بسیار مناسب حدود پنج درصد از مساحت را در بر می-گیرد و در قسمت‌هایی از نیمه شمالی بخش فیض‌آباد قرار دارد.

۲- ناحیه مناسب ۴۵ درصد از مساحت منطقه را در نواحی مرکزی و جنوبی و قسمت کوچکی از نواحی شمالی شهرستان به صورت پراکنده در بر می‌گیرد.

۳- منطقه متوسط که به صورت نواری در مرکز و قسمت‌های کوچکی از جنوب شهرستان را شامل شده است و حدوداً ۱۶ درصد منطقه را به خود اختصاص داده است.

۴- منطقه ضعیف مساحت بسیار کوچکی در حدود دو درصد از مناطق غربی شهرستان را تشکیل می‌دهد.

۵- منطقه بسیار ضعیف که قسمت‌هایی از شمال و جنوب شهرستان را در بر می‌گیرد و حدود ۳۲ درصد از مساحت منطقه را شامل می‌شود و علت اصلی وجود این مناطق توزیع نامطلوب بارش-های زمستانه می‌باشد که می‌بایست آب مورد نیاز گیاه در این مناطق از طریق آبیاری تأمین گردد.

با توجه به نقشه حاصله از تلفیق معیارهای مورد نیار در مرحله رکود، نقشه ۲۱ حاصل شد:

بر طبق کلاس‌های تشکیل دهنده شکل ۲۱ مشخص می‌شود که:

۱- قسمت اعظم منطقه، در حدود ۴۹ درصد در نواحی شمالی و جنوبی شهرستان در وضعیت بسیار مناسب قرار دارد.

۲- وضعیت مناسب حدود ۳۰ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهد که عمده مراکز تجمع آن در مرکز شهرستان واقع شده است.

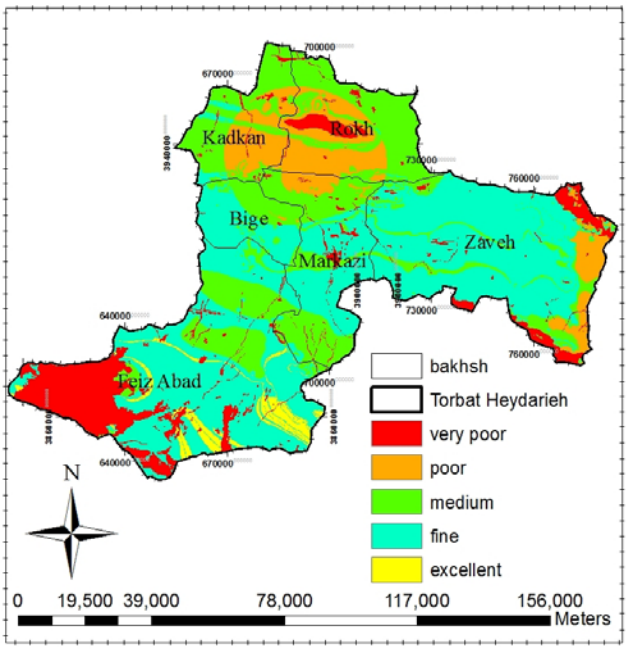
۳- وضعیت متوسط بخش بسیار کوچکی از منطقه را در حدود یک درصد شامل می‌شود و در نهایت وضعیت ضعیف که حدود ۲۰ درصد از مساحت شهرستان را در بر می‌گیرد و عامل اصلی آن بارندگی‌های تابستانه است که موجب از بین رفتن پیازها می‌گردد و می‌بایست تا حد امکان از کشت زعفران در این مناطق خودداری نمود.

در نهایت با تلفیق نقشه‌های مراحل سه گانه رشد (شکل‌های ۱۹ تا ۲۱)، و جدا کردن اراضی کشاورزی از نقشه کاربری اراضی در سطح شهرستان، نقشه نهایی پتانسیل اقلیمی زعفران حاصل گردید و پنج کلاس زیر در سطح شهرستان نمایان شد (شکل ۲۲).

نتیجه نهایی حاصل شده، عبارت است از تشخیص میزان تناسب اراضی برای کشت زعفران در شهرستان تربت حیدریه که مطابق طبقه‌بندی زیر ارائه گردیده است.

۱- مناطق بسیار مناسب (درجه ۱): به دلیل دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب در طول دوره رشد زعفران دارای عملکرد بالا هستند یا می‌توانند چنین عملکردی را در صورت فراهم بودن سایر پارامترهای مورد نیاز از جمله شرایط مطلوب خصوصیات خاک، آب و توپوگرافی، داشته باشند. این نواحی که حدود چهار درصد از مساحت شهرستان را در بر می‌گیرند و با رنگ زرد مشخص شده‌اند، قسمت‌هایی در جنوب شهرستان (نیمه جنوبی بخش فیض‌آباد) را شامل می‌شوند.

۲- مناطق مناسب (درجه ۲): از لحاظ عوامل اقلیمی مناسب زعفران، در شرایط ضعیف‌تری نسبت به مناطق بسیار مناسب قرار دارند، اما با کشت زعفران در این مناطق می‌توان عملکرد محصول به نسبت خوبی را از آن‌ها انتظار داشت. این ناحیه با مساحتی در حدود پنج هزار کیلومترمربع، عمده مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهد.



شکل ۲۲- پتانسیل‌یابی اقلیمی کشت زعفران در تربت حیدریه

Fig. 22- Climatic potential of Saffron cultivation in Torbate Hydariyeh city

۳- مناطق متوسط (درجه ۳): دارای پتانسیل اقلیمی پایینی برای کشت زعفران می‌باشند، یعنی این‌که این نواحی که حدود ۲۷ درصد از مساحت منطقه را تشکیل می‌دهند، برای کشت زعفران با ریسک مواجه بوده و احتمال کاهش عملکرد وجود دارد و لذا ضروری است برنامه‌ریزی‌های لازم صورت پذیرد. این ناحیه به طور عمده شمال و نوارهایی از مرکز و جنوب شهرستان را در بر می‌گیرد.

٤- مناطق ضعیف (درجه ٤): به دلیل عدم وجود شرایط اقلیمی مناسب، کشت زعفران در این مناطق مقرون به صرفه اقتصادی نیست. این ناحیه مناطقی از شمال و شرق شهرستان را تشکیل می‌دهد، و شامل نواحی شرقی بخش زاوه، شمال بخش مرکزی و قسمت‌های عمده بخش‌های رخ و کدکن می‌باشد. علت اصلی محدودیت این مناطق وجود شرایط نامناسب دمایی در مرحله گلدهی و شرایط نامناسب بارش می‌باشد.

٥- مناطق بسیار ضعیف (درجه ٥): در این نواحی که ده درصد از مساحت شهرستان را تشکیل می‌دهند و شامل کاربری‌هایی غیر از کشاورزی نیز می‌باشند، امکان کشت زعفران وجود ندارد.

نتیجه‌گیری

با عنایت به جمع‌بندی نتایج و در نظر گرفتن فاکتورهای مورد بررسی مشاهده شد که بیشترین مساحت شهرستان از پتانسیل اقلیمی بالایی برای کشت زعفران برخوردار می‌باشد. در حالی‌که نوع تولید کشاورزی و نوسان محصولات به آب و هوا بستگی دارد (Khaledi, 1994) و به‌کارگیری اطلاعات آب و هوایی، به منظور بهبود عملیات کشاورزی و افزایش تولید کشاورز از جنبه کیفی و کمی است. توجه به این نکته که شهرستان تربت حیدریه به عنوان بزرگترین قطب تولید زعفران در ایران و جهان محسوب می‌شود و با توجه به درآمد بالای این محصول، اقدام به کشت بی‌رویه زعفران در تربت حیدریه شده است که مشکلاتی از جمله کاهش کیفیت خاک و کاهش عملکرد را به دنبال داشته است. با توجه به این‌که هدف افزایش سطح زیر کشت در جهت افزایش عملکرد می‌باشد، لذا تعیین مناسب‌ترین مناطق کشت در کلیه اراضی در سطح شهرستان امری مهم تلقی می‌شود تا برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت افزایش عملکرد صورت گیرد و از کشت در نقاط نامناسب جلوگیری شود. بر اساس نقشه نهایی پس از جدا کردن کاربری‌هایی که قابلیت تغییر به اراضی کشاورزی را ندارند از نقشه کاربری اراضی، مشخص شد که بیشترین مساحت منطقه از شرایط مناسب اقلیمی برخوردار هستند و عمده محدودیت‌ها در نواحی شمالی منطقه و قسمت‌های کوچکی در شرق دشت زاوه می‌باشند که می‌بایست از کشت زعفران در این مناطق خودداری نمود یا برنامه-

ریزی‌های لازم از جمله آبیاری و کوددهی، صورت پـذیرد. در نهایـت ذکر این نکته نیز ضروری است که عـلاوه بـر عوامـل اقلیمـی سـایر عناصر از قبیل ارتفاع، شیب، نوع خاک و آب مورد استفاده نیز می‌تواند در فرآیند کشت محصول زعفران و در نتیجه جهت دستیابی به نتـایج دقیق‌تر، مؤثر باشند.

منابع

Asgharpour, M.J. 2006. Multi criteria decision making. Tehran University Publication, Tehran, Iran. (In Persian)

Dey, P.K., and Ramcharan, E.K. 2000. Analytic hierarchy process helps select site for limestone quarry expansion in Barbados. Journal of Environmental Management 88: 1384-1395.

Farajzade, M., and Myrzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Human Sciences Modarres 50(1): 67-91. (In Persian with English Summary)

Hatami Sardashti, Z., Jami Al-Ahmadi, M., Mahdavi Damghani, A.M., and Behdani, M.A. 2011. Evaluation of sustainability in saffron agroecosystems in Birjand and Qaen counties. Journal of Agroecology 3(3): 396-405. (In Persian with English Summary)

Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Qazvin province for Saffron cultivation based on Multi-Criteria decision making method. Journal of Natural Geographic Research 66: 101-119. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Hemmatikakhaki, A., and Karbasi, A.R. 2002. History, Economic importance, cultivated area, production and saffron usages, in: Kafi, M. (Eds.), Saffron (*Crocus sativus* L.): Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad, Iran p. 21-38 (In Persian)

Kafi, M., Rashed Mohassel, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2001. Saffron: Technology of Production and Precessing. Zaban and Adab Publication, Mashhad, Iran 276 pp. (In Persian)

Kamali, G. 1997. Ecological study of dryland farming potential in West Country of climatic on dryland wheat. PhD dissertation, Science and Research Branch of Tehran, Islamic Azad University, Iran. (In Persian with English Summary)

Khaledi, S. 1994. Applied Climatology (Application of Climate in the Regional Planning). Qomes Publication, Tehran, Iran 295 pp. (In Persian)

Koozehgran, S., Mousavi Baygi, M., Sanaeinejad, S.H., and Behdani, M.A. 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in south Khorasan to identify relevant areas for saffron cultivation using GIS. Journal of Soil and Water 25(4): 892-904. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H.M., and Moghtaderi, G.A. 2005. The relationship between climatic elements and necrosis of date palm bunch using regression model. Wilderness 10(2): 339-348. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, H., Ranjbar, F., and Soltani, M. 2011. Climatic potentials assessment for saffron cultivation in Marvdasht. Geography and Environmental Planning Journal 43(3): 143-158. (In Persian with English Summary)

Narayana Reddy, M., and Rao, N.H. 2011. GIS Based Decision Support Systems in Agriculture, National Academy of Agricultural Research Management Rajendranagar p. 1-11.

Nokandi, A.K. 1999. Effects of climatic factors on saffron cultivation in South Khorasan. MSc Thesis, Isfahan University. Iran. (In Persian with English Summary)

Omkarprasad, V., and Sushil, K. 2004. Analytic hierarchy process: An overview of applications, April.

Tofigh, H. 1994. Multi criteria evaluation in physical planning. Journal of Abadi 11: 40-43. (In Persian)

Xue, Y.J., Hu, Y.M., Liu, S.G., Yang, J.F., Chen, G.C., and Bao, S.T. 2007. Improving land resource evaluation using fuzzy neural network ensembles. Remote sensing of Environment 11: 369-384.

Yazdchi, S., Rasuli, A.A., Mahmoudzadeh, H., and Zrrinbal, M. 2011. Land capability evaluation of Marand county intended for saffron cultivation using multi criteria decision analysis systems. Journal of Soil and Water Science 1(3): 151-170. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 237-253

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۵۳-۲۳۷

اثرات تنش خشکی و تلقیح کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن (*Thymus vulgaris* L.)

رقیه محمدپور وشوایی[1*]، محمد گلوی[2]، محمود رمرودی[2] و براتعلی فاخری[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰٤/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲٦

چکیده

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعناع می‌باشد که دارای خواص ضداسپاسم، ضدعفونی‌کننده، ضدنفخ، ضدسرفه، خلط‌آور و آنتی‌اکسیدان می‌باشد. به منظور بررسی اثرات تنش خشکی و کودهای زیستی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن، آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل در سال‌های زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ و ۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل آبیاری با ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کرت‌های فرعی شامل تغذیه گیاه با کودهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به صورت بذر مال بودند. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار و درصد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن بودند. نتایج نشان داد که اثر تنش خشکی، کود زیستی و برهمکنش آن‌ها بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بیشترین ارتفاع بوته (۳۵/۰۹ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۱۰۳/۵۲ و ۴۳/۲۷ گرم در بوته) و عملکرد اسانس (۰/۳۵۰ میلی‌لیتر در بوته) در تیمار ۹۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین حاصل شد. حداکثر مقدار اسانس با ۰/۴۱۳ درصد به تیمار ۷۰ درصد آبیاری و کود زیستی نیتروکسین تعلق داشت. مهم‌ترین جزء تعیین کننده عملکرد اسانس در آویشن وزن تر سرشاخه‌های گلدار بود. گیاهان تحت آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی دارای بیشترین درصد نسبی تیمول (برای کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۷۱/۳۲، ۵۰/۶۸ و ۴۷/۷۱ درصد) بودند که این اثر با کاهش محتوای پارا-سیمن همراه بود. کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید و موجب بهبود رشد، درصد و عملکرد اسانس و ترکیب فنلی تیمول آویشن شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بیوفسفر، تنش کم‌آبی، گیاهان دارویی، نیتروکسین، میکوریزا

مقدمه

آویشن (*Thymus vulgaris* L.) گیاهی خشبی و چندساله معطر و متعلق به خانواده نعناع[2] می‌باشد که در مناطق مختلف جهان رشد می‌کند (Davis, 1982). آویشن بومی منطقه غرب مدیترانه و جنوب ایتالیا است (Gigord et al., 1999). آویشن دارای برگ‌های کوچک نیزه‌ای سبز رنگ به طول شش تا ۱۲ میلی‌متر، ساقه کوتاه و چهار گوش است که ساقه در پایین چوبی و در بخش جوان‌تر سبز رنگ می‌باشد. اسانس در تمامی قسمت‌های گیاه وجود دارد، ولی بیشتر در سرشاخه‌های گلدار دیده می‌شود. به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند، آویشن دارای خواص ضداسپاسم، ضدعفونی کننده، خلط‌آور، ضدنفخ، ضدسرفه و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Dapkevicius et al., 2002). اسانس گیاه شامل مقادیر بسیار متغیری از ترکیب‌های فنلی مانند تیمول و کارواکرول (۲۰ تا ۸۰ درصد)، منوترپن‌های هیدروکربنی مانند پارا-سیمن، گاما-ترپینن و الکل‌هایی مانند لینالول، آلفا-ترپینن و توجان می‌باشد. معمولاً عمده‌ترین ترکیب‌های فنلی آویشن تیمول، کارواکرول و فلاونوئیدها می‌باشند که اغلب تصور می‌شود که خاصیت ضدباکتری، ضدنفخ، ضدکرم و ضدقارچ داشته باشند (Barnes et al., 2002; Leung & Foster, 1996; Jellin et al., 2000). نیک آور

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشدآگرواکولوژی، دانشیار، گروه زراعت و دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)
2- Lamiaceae

و همکاران (Nickavar et al., 2005) نشان دادند که اصلی‌ترین ترکیبات اسانس آویشن تیمول (۲۰/۸ درصد) و کارواکرول (۵۲/۸ درصد) می‌باشند. همچنین پارا-سیمن (۴/۱ درصد)، بورنئول (۱/۵ درصد) و گاما-ترپینن (۵/۴ درصد) از دیگر ترکیبات موجود در اسانس بودند. روستائیان و همکاران (Rustaiyan et al., 2000) ترکیب‌های اصلی موجود در اسانس آویشن را تیمول (۴۰/۸ درصد)، کارواکرول (۲۴/۸ درصد)، گاما-ترپینن، پارا-سیمن و بورنئول گزارش نمودند. بارانائوسکین و همکاران (Baranauskiene et al., 2003) ترکیبات اصلی عصارهٔ آویشن را تیمول (۴۴/۴ تا ۵۸/۱ درصد)، پارا-سیمن (۹/۱ تا ۲۸/۵ درصد)، گاما-ترپینن (۶/۹ تا ۱۸/۹ درصد) و کارواکرول (۲/۴ تا ۴/۲ درصد) گزارش نمودند.

در پی بحران آلودگی‌های زیست محیطی، به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها در بوم‌نظام‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از کودهای زیستی استفاده شده است (Sharma, 2002). کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در اکثر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری تولید نظام‌های کشاورزی را تضمین نمایند (Han & Supanjani, 2006). کودهای زیستی متشکل از میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که هر یک به منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این میکروارگانیسم‌ها معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (Wu et al., 2005). علاوه بر این موجب بهبود کیفیت فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند (Cardoso & Kuyper, 2006). در حال حاضر ثابت شده است که این باکتری‌ها با مکانیسم‌های متعددی سبب افزایش رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان می‌شوند. افزایش فراهمی عناصر با افزایش انحلال مواد و عناصر غذایی و تولید مواد کلات‌کننده در محیط ریزوسفر، افزایش جذب عناصر غذایی، بیوسنتز هورمون‌های گیاهی، کنترل پاتوژن‌های گیاهی و مقاومت گیاه در مقابل آن‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی و حتی اسیدیته بالای خاک از جمله این مکانیسم‌ها می‌باشند (Glick et al., 1998; Chen, 2006; Nagananda et al., 2010). در برخی منابع به تأثیر مثبت کودهای بیولوژیک در بهبود رشد گیاه دارویی آویشن باغی (Vital et al., 2002) و رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) (Leithy et al., 2006) اشاره شده است. حضور باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* در محیط ریشه برخی گیاهان *دارویی* از جمله پروانش (*Catharanthus roseus* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، و صبر زرد[1] (*Coleus forskohlii* L.) گزارش شده است، به طوری‌که جمعیت این باکتری‌ها در هر چهار گونه گیاه دارویی در مقایسه با محیط غیر ریشه‌ای گیاهان بیشتر بود. این نتایج می‌تواند در معرفی کودهای بیولوژیک برای تولید تجاری این گونه‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Karthikeyan et al., 2008). میجاهد و همکاران (Migahed et al., 2004) در بررسی اثر باکتری‌های *Azospirillum lipoferum*، *Azotobacter chroococcum* و *Bacillus megaterium* به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر بر رشد و عملکرد کرفس وحشی (*Apium graveolens* L.) گزارش نمودند که کاربرد این باکتری‌ها منجر به تولید مواد محرک رشد گیاه در محیط ریشه گردید و از طرف دیگر، افزایش رشد، عملکرد و اسانس گیاه در مقایسه با تیمارهای تلقیح نشده را به همراه داشت. نتایج مطالعه شباهنگ و همکاران (Shabahng et al., 2014) روی اثر سطوح کود دامی و تلقیح با قارچ همزیست *مایکوریزا* بر رشد، عملکرد کمّی و کیفی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.) نشان داد که تلقیح مایکوریزایی بهبود وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد اسانس زوفا را به ترتیب برابر با ۱۹ و ۱۴ درصد به دنبال داشت. نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نشان داد که همزیستی با مایکوریزا درصد اسانس رازیانه و زنیان به ترتیب ۴/۲ و ۳/۰ درصد بود. در گیاه گندمی یا گندمک آبی (*Vallisneria spiralis* Tiger) کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی مخلوط باکتری‌های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas rubiacearum* در ترکیب با کود آلی کمپوست سبب ۳۴ درصد افزایش وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهایی شد که تنها از کود آلی استفاده شده بود. علاوه بر این جمعیت باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن در محیط ریشه گیاه در این تیمار افزایش یافت (Young et al., 2004). نتایج حاصل از مطالعه عبدالجلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007) حاکی از آن بود که تیمار گیاهچه‌های گیاه دارویی پروانش با باکتری محرک رشد گیاه *سودوموناس* (*Pseudomonas fluorescens*) سبب افزایش عملکرد زیست‌توده و میزان آلکالوئید در گیاه در شرایط تنش آب

1- Aloe vera

گردید. نتایج تحقیق یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) حاکی از آن بود که استفاده از کود بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه در چین‌های اول و دوم در طی دو فصل گردید. این محققان اظهار داشتند که کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات و جایگزینی آن‌ها با تنظیم‌کننده‌های رشد مصنوعی در بهبود ویژگی‌های رشدی و ترکیبات اسانس گیاه مریم‌گلی کارآیی بالایی دارند. جوشی و همکاران (Joshee et al., 2007) در گیاه دارویی بشقابی (*Scutellaria integrifolia* L.) گزارش نمودند که تلقیح ریشه این گیاه با *مایکوریزا* نه تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه مؤثر بوده است، بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک‌های حاشیه‌ای که با کمبود فسفر نیز مواجه هستند، افزایش داده است. سایلو و باگیاراج (Sailo & Bagyaraj, 2005) در بررسی اثر گونه‌های مختلف قارچ *مایکوریزا آربوسکولار* بر رشد گیاه دارویی صبر زرد گزارش نمودند که ارتفاع بوته، تعداد شاخه، زیست‌توده گیاه و همچنین میزان فسفر و ماده مؤثره فورسکولین در گیاهان تحت تیمار قارچ *مایکوریزا* نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج تحقیق راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) حاکی از آن بود که ترکیب قارچ *مایکوریزا* با باکتری‌های محرک رشد گیاه از جمله *باسیلوس* و *آزوسپیریلوم* منجر به افزایش زیست‌توده و میزان فسفر در گیاه دارویی علف‌لیمو (*Cymbopogon martini* L.) گردید.

افزایش محتوای داروئی ترکیبات مطلوب گیاهان دارویی با دستکاری تکنیک‌های زراعی از جمله آبیاری، کوددهی یا سیستم‌های فتوبیوراکتور امکان‌پذیر می‌باشد. در طول فرآیند تکامل و تولید متابولیت‌های ثانویه، متابولیسم ثانویه گیاه و متابولیت‌های حاصل از آن تحت تأثیر پاسخ و سازگاری تنش‌های محیطی متفاوت پیوسته به عوامل محیطی از جمله عوامل زنده و غیر زنده می‌باشند (Xia et al., 2007). تنش‌های زنده و غیر زنده اثر قابل ملاحظه‌ای بر رشد، عملکرد و سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند (Dixon & Paiva, 1995).

کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیاست (Babaee et al., 2010). تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، به خصوص مراحل گلدهی و دانه‌بندی محدودکننده عملکرد است (Kalamian et al., 2006). تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه‌ها، کاهش در آبگیری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم (که به نحوی کارآیی فتوسنتز را کاهش می‌دهند.)، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می‌گردد. تنش آب به طور مستقیم می‌تواند بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به طور غیرمستقیم ورود دی‌اکسیدکربن به داخل روزنه‌ها را که به علت شرایط کم‌آبی بسته‌اند، کاهش دهد. از این‌رو انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار گرفته و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید. بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود. سیمون و همکاران (Simon et al., 1992) با بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبی روی گیاه ریحان مشاهده نمودند که با تشدید کمبود آب وزن خشک برگ و ساقه کاهش یافت. مانی رام و همکاران (Muni Ram et al., 1995) ضمن بررسی رژیم‌های مختلف رطوبت خاک بر گونه‌ای از نعناع نتیجه گرفتند که افزایش رطوبت خاک، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک را به طور معنی‌داری افزایش داد. فاروغی و همکاران (Farooqi et al., 1999) دریافتند که تنش آبی در تمام ژنوتیپ‌های مورد آزمایش گیاه سنبل هندی (*Cymbopogon winterianus* L.) باعث کاهش عملکرد اندام رویشی، ارتفاع گیاه و سطح برگ شد. الکایر و همکاران (Alkire et al., 1993) با بررسی اثر آبیاری کامل، آبیاری مختصر و عدم انجام آبیاری بر گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperata* L.) نتیجه گرفتند که تنش آبی طول میان‌گره‌ها، ارتفاع گیاه و وزن خشک برگ، ساقه و ریشه را کاهش می‌دهد. رضاپور و همکاران (Rezapor et al., 2011) طی آزمایشی بر روی گیاه دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش کردند که تنش خشکی موجب کاهش بیوماس گیاهی، ارتفاع بوته و عملکرد اسانس گردید.

با توجه به اهمیت ترکیب‌های فنلی اسانس آویشن (تیمول) در صنعت داروسازی و از آن‌جا که هدف جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کیفیت، کمیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد، به نظر می‌رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی داشته باشد. از طرف دیگر استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسأله مهم در جهت

حرکت به سمت کشاورزی پایدار می‌باشد که تحت تنش آب می‌تواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد (Gliessman, 1998). بنابراین، مطالعه حاضر به منظور ارزیابی اثر کودهای زیستی و تنش خشکی بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس آویشن طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زابل با طول جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریای آزاد در سال‌های زراعی۱۳۹۰-۱۳۹۱ و۱۳۹۱-۱۳۹۲ اجرا شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷ درجه سانتی‌گراد، حداکثر مطلق دما ۴۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی و تبخیر سالانه به ترتیب ۵۳ و ۵۰۰۰-۴۰۰۰ میلی‌متر است. بر اساس نتایج آزمایش خاک از عمق صفر تا۳۰ سانتی‌متر، بافت خاک رسی- سیلتی، اسیدیته ۷/۱۶، هدایت الکتریکی ۱/۵dS.m^{-1}، نیتروژن کل ۰/۱۷ درصد، فسفر قابل دسترس ۱۲ppm و پتاسیم قابل دسترس ۱۴۰ppm تعیین شد.

بذور مورد نیاز برای کشت، از سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه شد و در ۱۵ اسفند سال۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ کشت گردیدند. طرح مورد آزمایش اسپیلت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار بود. عامل اصلی شامل تنش خشکی با چهار سطح (آبیاری ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی) و عامل فرعی شامل کود زیستی با سه سطح نیتروکسین (حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *Azotobacter chorococum*، *Azospirillum lipoferoum* و حل‌کننده فسفات از جنس *Pseudomonas* sp. با 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر)، بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های *Bacillus lentus* که با ترشح اسیدهای آلی و گونه‌ای از *Pseudomonas putida* با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند با 10^8 سلول زنده در هر گرم) و قارچ *مایکوریزا* (*G. intraradices*) بود. کودهای بیولوژیک استفاده شده در این تحقیق توسط شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا (MABCO[1]) و تحت لیسانس و نظارت مستقیم مؤسسه خاک و آب کشور تولید شده بودند. عملیات بذرمال کردن کودها شامل قرار دادن بذور به مدت ۳۰ دقیقه در محلول باکتریایی بود. برای تلقیح بذور با قارچ *G. intraradices*، ابتدا بذور آویشن با محلول صمغ عربی (۲۰ گرم صمغ عربی در یک لیتر آب) ترکیب و سپس با قارچ *G. intraradices* آغشته گردید. پس از تلقیح و خشک شدن بذرها در سایه و به دور از تابش مستقیم نور خورشید بلافاصله اقدام به کاشت گردید. در طول اجرای آزمایش، هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کشی مورد استفاده قرار نگرفت.

کاشت به صورت هیرم‌کاری صورت گرفت. بدین منظور سه تا چهار بذر در داخل هر کرت آزمایش در کپه‌هایی با عمق سه سانتی-متر قرار گرفت. کرت‌های آزمایشی از شش خط پنج متری تشکیل شده بود. فاصله بین ردیف‌ها و فاصله بین بوته‌های هر ردیف ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاصله بین دو کرت دو متر و فاصله بین تکرارها نیز سه متر بود. رطوبت در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی به ترتیب ۲۸/۵ و ۱۲/۵ درصد حجمی خاک تعیین گردید. تفاضل رطوبت ظرفیت مزرعه‌ای و رطوبت نقطه پژمردگی، به عنوان رطوبت قابل دسترس در نظر گرفته شد. هر روز درصد حجمی رطوبت خاک تعیین شد و زمان آبیاری تیمارهای مختلف به دست آمد. آبیاری هر کرت پس از رسیدن رطوبت به ۹۰، ۷۰، ۵۰ و ۳۰ درصد ظرفیت زراعی با تانکر انجام شد. اندازه‌گیری رطوبت با دستگاه رطوبت‌سنج TDR[2] مدل دلتا تی (Delta-T Devices Ltd. UK) انجام گرفت. عملیات تنک کردن در مرحله دو تا چهار برگی انجام شد. وجین علف-های‌هرز در سه نوبت با دست انجام گردید. برداشت در مرحله گلدهی (سال ۱۳۹۱ در اول خرداد و سال ۱۳۹۲ در ۱۲ خرداد) انجام شد. صفات ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار، درصد اسانس و عملکرد آن روی ده بوته که به طور تصادفی از هر کرت انتخاب شده بودند، مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. در مرحله برداشت سرشاخه ده بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و وزن شدند. سپس در سایه و در جریان باد خشک شدند و وزن خشک آن‌ها بر حسب گرم در بوته محاسبه شد. از هر نمونه خشک شده ۱۰۰ گرم آسیاب گردید و به مدت دو ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس‌گیری و درصد آن تعیین شد. ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس توسط دستگاه

1- Mehr Asia biotechnology company
2- Time domain reflectometry

کروماتوگرافی گاز (GC) (کروماتوگرافی گازی مدل شیماتزو[1] مجهز به دتکتور F.I.D (یونیزاسیون شعله هیدروژن) و داده پرداز Chromatepac، ستون DB-5 و نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۲۲/۷ سانتی‌متر بر ثانیه، برنامه حرارتی ۲۵۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت چهار درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.) و کروماتوگرافی گازی مجهز به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) (کروماتوگرافی گازی Varin-3400 متصل شده با طیف‌سنج جرمی (Saturn II)، ستون DB-5 و نیمه‌قطبی به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۲۵ میکرون و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون، دتکتور Ion trap، گاز حامل هلیوم، سرعت جریان گاز حامل ۳۵ میلی‌لیتر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون در طیف‌سنج جرمی معادل ۷۰ الکترون-وات، برنامه حرارتی ۲۴۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت سه درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و دمای محفظه تزریق ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود.) واقع در مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تجزیه شد. پس از تزریق اسانس به دستگاه‌های نامبرده، با استفاده از زمان بازداری ترکیب‌ها (tR)، اندیس بازداری (RT) طیف جرمی و مقایسه این پارامترها با ترکیب‌های استاندارد و یا با اطلاعات موجود در کتابخانه نسبت به شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس اقدام گردید. درصد کمی این ترکیب‌ها نیز با محاسبه سطوح زیر منحنی در کروماتوگرام‌ها محاسبه شد (Adams, 2001).

ویژگی‌های مورد بررسی برای دو سال تجزیه مرکب و مقایسه میانگین شدند. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج تحقیق با استفاده از نسخه ۹/۲ نرم افزار SAS[2] (SAS Institute, 2013, Cary, NC.) صورت گرفت.

نتایج و بحث

رشد رویشی

اثر تنش کمبود آب بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه (۳۰/۹۲ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (۹۵/۱۱ و ۳۷/۵۳ گرم در بوته) در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۲۲/۲۳ سانتی‌متر و ۴۰/۷۹ و ۲۲/۸۱ گرم در بوته) در تیمار آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل گردید (جدول ۲). تیمار کودی اثر معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بر ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار داشت (جدول ۱). بیشترین ارتفاع گیاه (۲۸/۴۸ سانتی‌متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (۷۷/۹۱ و ۳۴/۱۲ گرم در بوته) در تیمار کود زیستی نیتروکسین و کمترین آن‌ها (به ترتیب ۲۲/۳۷ سانتی‌متر و ۶۱/۱۶ و ۲۶/۴۹ گرم در بوته) در تیمار کود زیستی مایکوریزا مشاهده شد (جدول ۲). برهمکنش تیمارهای کودی و تنش کمبود آب برای ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی نیتروکسین بیشترین ارتفاع گیاه (۳۵/۰۹ سانتی-متر)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۱۰۳/۵۲ و ۴۳/۲۷ گرم در بوته) و در تیمار آبیاری با۳۰ درصد ظرفیت زراعی و کود زیستی مایکوریزا کمترین مقدار آن‌ها (به ترتیب ۱۹/۵۵ سانتی-متر و ۳۵/۱۸ و ۱۸/۹۸ گرم در بوته) به دست آمد (جدول ۳).

ارتفاع بوته، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار مانند هر اندام رویشی یا زایشی دیگر شدیداً تحت تأثیر عناصر غذایی و آب قرار می-گیرند (Erkossa et al., 2002). پارامترهای رشد رویشی با افزایش تنش خشکی کاهش یافتند. کاهش عملکرد در طی افزایش سطح تنش خشکی بر اساس نظر سروالی و همکاران (Sreevalli et al., 2001) می‌تواند مربوط به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش‌های هوایی گیاه باشد. تنش خشکی موجب کاهش مقدار آب، آماس، پتانسیل کل آب، پژمردگی، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و رشد رویشی می‌گردد. کمیت و کیفیت رشد رویشی گیاه بستگی به تقسیم سلولی، بزرگ شدن سلول-ها و تمایز دارد و کلیه این حوادث متأثر از تنش خشکی می‌باشند (Kusaka et al., 2005). از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش فشار آماس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌هاست. کاهش در بزرگ شدن سلول‌ها و تقسیم سلولی موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز و اجزای رشد رویشی می‌گردد. با کاهش رشد و نمو سلول، اندازه اندام محدود می‌شود. به عبارت دیگر کاهش مواد فتوسنتزی تولیدی به علت کاهش سطح برگ و کاهش انتقال مواد آسیمیلاتی به سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش کمبود آب سبب کاهش عملکرد سرشاخه‌های گلدار می‌گردد. به

1- Shimatzu
2- Statistical analysis system

همین دلیل اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاهان را می‌توان از روی اندازه کوچکتر برگ‌ها و ارتفاع کمتر گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Omidbaygi et al., 2003). لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) در آزمایش گلخانه‌ای، اثرات سه سطح آب خاک ۶۰، ۷۰ و ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر روی گیاه آویشن مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک در ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد. بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) اذعان داشتند که تنش خشکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه جانبی، وزن خشک اندام رویشی آویشن را کاهش می‌دهد. جانسن و همکاران (Janssen et al., 1987) بیان داشتند که وزن تر و خشک گیاه آویشن اسپانیایی با افزایش تنش آبی کاهش می‌یابد.

براساس نتایج به دست آمده در این آزمایش می‌توان بیان کرد که هر چند با کاهش میزان آب مصرفی و به تبع آن بروز تنش خشکی از عملکرد ماده خشک در گیاه کاسته می‌شود، اما با به‌کارگیری کود زیستی به ویژه در سطوح بالای تنش خشکی می‌توان تا حدی از بروز اثرات سوء تنش بر عملکرد تولیدی این گیاه کاست که این مسأله را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. کودهای زیستی با افزایش جذب نیتروژن و افزایش کارآیی این عنصر در فرآیند فتوسنتز و تولید سطح سبز، نقش به سزایی ایفا می‌نمایند که افزایش رشد را به دنبال خواهند داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب عملکرد کمی و کیفی آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 1- Combined analysis of variance of quantitative and qualitative yield of thyme under drought stress and biofertilizer

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean sum of squares				
		ارتفاع بوته Plant height	وزن تر Fresh weight	وزن خشک Dry weight	درصد اسانس Essential oil	عملکرد اسانس Essential oil yield
سال Year	1	29.42**	99.36ns	274.98*	0.00301ns	0.00461ns
تکرار (سال) Replication (year)	2	0.13	17.43	2.98	0.00048	0.00198
تنش خشکی Drought stress	3	184.92**	6618.28**	500.90**	0.00322**	0.06580**
سال× تنش خشکی Year× drought stress	3	3.29**	28.93ns	1.39ns	0.00005ns	0.00006ns
تکرار× تنش خشکی (سال) Replication× drought stress (year)	6	0.10	24.46	0.88	0.00004	0.00152
کود زیستی Biofertilizer	2	160.60**	1130.53**	241.90**	0.00881**	0.02290**
تنش خشکی× کود زیستی Drought stress× biofertilizer	6	7.87**	44.66**	7.92**	0.01790**	0.00280**
سال× کود زیستی Year× biofertilizer	2	3.66**	58.41**	3.18**	0.00025*	0.00011ns
تنش خشکی× کود زیستی× سال Drought stress× biofertilizer× year	6	0.79**	6.85ns	4.12**	0.00031**	0.00014ns
خطا Error	16	0.11	4.62	0.51	0.00007	0.00032
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		1.28	3.11	2.38	2.44	7.61

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non significant respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آویشن (مرکب)

Table 2- Mean comparisions of drought stress and biofertilizer simple effects on quantitative and qualitative yield of thyme (Combined)

تیمار Treatments	سطوح Levels	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (میلی-لیتر در بوته) Essential oil yield ($ml.plant^{-1}$)
تنش خشکی Drought stress	۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity	30.92[a*]	95.11[a]	37.53[a]	0.319[d]	0.305[a]
	۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	27.07[b]	79.61[b]	32.44[b]	0.357[a]	0.281[a]
	۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	23.41[c]	60.97[c]	26.68[c]	0.346[b]	0.211[b]
	۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity	22.23[d]	40.79[d]	22.81[d]	0.332[c]	0.141[c]
کود زیستی Biofertilizer	مایکوریزا Mycorrhiza	22.37[c]	61.16[c]	26.49[c]	0.316[c]	0.204[c]
	بیوفسفر Biophosphorus	26.88[b]	68.28[b]	28.99[b]	0.337[b]	0.2219[b]
	نیتروکسین Nitroxin	28.48[a]	77.91[a]	34.12[a]	0.363[a]	0.277[a]

* در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* In the each column for every treatment, similar letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

همچنین کودهای زیستی از طریق تولید ترشحات حل‌کننده و کاهش اسیدیته، عناصر مختلف غذایی را به صورت محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند (Han & Supanjani, Rademacher, 1994; Kader, 2002; 2006). باکتری‌های موجود در کود زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پ مصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه با ساخت و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک‌ها موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی می‌شوند (Han & Supanjani, 2006; Gutierrez-Manero et al., 2001).

دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، به خصوص نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش اجزای رشد رویشی بسیار مؤثر می‌باشد. در منابع مختلف به نقش مفید و مؤثر میکروارگانیزم‌ها در بهبود رشد و عملکرد گیاهان دارویی اشاره شده است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) مشاهده کردند که کاربرد مایه تلقیح *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* و قارچ *مایکوریزا* منجر به افزایش ارتفاع، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول گیاه سیاهدانه نسبت به شاهد گردید. در این میان تلفیق *مایکوریزا* و *آزوسپیریلوم* بیشترین تأثیر را در افزایش صفات مورد مطالعه داشت. وینوتا (Vinutha, 2005) گزارش نمود که تلقیح گیاه ریحان با گونه‌های مختلف باکتری *ازتوباکتر* و قارچ *گلوموس* سبب افزایش زیست‌توده، سرعت رشد و میزان اسانس گیاه می‌شود. در تحقیقی کاربرد کود زیستی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر*، سبب افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه مریم گلی در چین‌های اول و دوم طی دو فصل گردید (Youssef et al., 2004). اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) نشان داد که کود فسفات زیستی دارای تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک می‌باشد (Darzi et al., 2008). وو و همکاران (Wu et al., 2005)

علت بهبود ارتفاع گیاه ذرت (*Zea mays* L.) تلقیح شده با کودهـای زیستی را افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود فتوسنتز عنوان کردند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی بر عملکرد کمی و کیفی آویشن (مرکب)

Table 3- Mean comparisons of drought stress and biofertilizer interaction on quantitative and qualitative yield of thyme (Combined)

تنش خشکی Drought stress	کود زیستی Biofetilizer	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight (g.plant^{-1})	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight (g.plant^{-1})	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (میلی-لیتر در بوته) Essential oil yield (mL.plant^{-1})
۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	26.67^{d*}	87.59^{c}	34.21^{c}	0.203^{h}	0.180^{ef}
	بیوفسفر Biophosphorus	31.01^{b}	94.21^{b}	35.11^{c}	0.278^{g}	0.260^{c}
	نیتروکسین Nitroxin	35.09^{a}	103.52^{a}	43.27^{a}	0.345^{ed}	0.350^{a}
۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	22.52^{g}	66.25^{e}	28.88^{e}	0.335^{ef}	0.260^{c}
	بیوفسفر Biophosphorus	27.100^{c}	80.30^{d}	31.22^{d}	0.363^{c}	0.303^{b}
	نیتروکسین Nitroxin	30.70^{b}	92.29^{bc}	37.22^{b}	0.413^{a}	0.323^{ab}
۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	20.75^{h}	55.63^{f}	23.91^{f}	0.328^{f}	0.213^{de}
	بیوفسفر Biophosphorus	24.50^{e}	58.97^{f}	25.72^{f}	0.353^{cd}	0.240^{cd}
	نیتروکسین Nitroxin	24.99^{e}	68.32^{e}	30.41^{de}	0.393^{b}	0.263^{c}
۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity	مایکوریزا Mycorrhiza	19.55^{h}	35.18^{h}	18.98^{g}	0.323^{f}	0.015^{f}
	بیوفسفر Biophosphorus	23.99^{ef}	39.66^{h}	23.89^{f}	0.350^{cde}	0.076^{g}
	نیتروکسین Nitroxin	23.16^{fg}	47.53^{g}	25.57^{f}	0.380^{b}	0.195^{e}

* در هرستون برای هر تیمار، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

* In the each column for every treatment, similar letters demonstrate not significant at 0.05 probability levels.

تیمار کود زیستی نیتروکسین بیشـترین رشـد رویشـی را حاصـل نموده است و پس از آن بیوفسفر و مایکوریزا قرار داشتند. افزودن کود زیستی نیتروکسین به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مـورد نیـاز گیاه را افزایش داده است، بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآینـدهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجبـات افزایش دسترسی به عناصر معدنی و در نهایت رشد رویشی را فـراهم آورده است. *آزوسپیریلوم* موجود در نیتروکسین، علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید مواد محرک رشد، سبب بهبود رشد ریشه و متعاقـب آن افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی گردیـده اسـت و از ایـن طریق در افزایش عملکرد سرشاخه‌های گلدار تـأثیرگـذار بـوده اسـت (Tilak et al., 2005). *ازتوباکتر* موجـود در نیتروکسـین بـا تولیـد ترکیبات ضدقارچی بر علیه بیماری‌هـای گیـاهی و همچنـین تقویـت جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه در نهایت بهبود رشد گیاه را به دنبـال داشـته است (Chen, 2006). در محیط ریشه گیاه، *ازتوباکتر* و *آزوسـپیریلوم* توانایی ساخت و ترشح برخی مواد بیولوژیک فعال ماننـد اکسـین‌هـا، جیبرلین‌ها، ویتامین‌های گروه B، اسید نیکوتینیـک، اسـید پنتوتنیـک، بیوتین و غیره را دارند که در افزایش رشد نقش مؤثری ایفا نمـوده‌انـد (Karthikeyan et al., 2008). گونه‌های مختلف جنس *سودوموناس* موجود در نیتروکسـین بـا کنتـرل قـارچ‌هـای بیمـاری‌زا (Pal et al., 2001) و از طریق سازوکارهای مختلفی از جملـه تولیـد سـیدروفورها،

سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، سبب تحریک رشد گیاه شدند (Abdul-Jaleel et al., 2007). از آن‌جایی که کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودهای مورد استفاده کامل‌تر می‌باشد، بنابراین رشد بهتر گیاه در نتیجه استفاده از این کود دور از انتظار نمی‌باشد.

درصد و عملکرد اسانس

در تجزیه مرکب دو سال زراعی نوع کود زیستی، تنش خشکی و برهمکنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر درصد و عملکرد اسانس آویشن داشتند (جدول ۱). بیشترین درصد اسانس (۰/۳۵۷ درصد) از گیاهان تحت تنش آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد. کمترین درصد اسانس (۰/۳۱۹ درصد) برای گیاهان تحت تنش آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۲). در آزمایش‌های لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) روی آویشن نیز بیشترین درصد اسانس در رژیم آبی ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه حاصل شد. تصور بر این است که در شرایط تنش خشکی و کم‌آبی تولید مواد مؤثره به دلیل جلوگیری از اکسیداسیون درون سلولی افزایش می‌یابد. تنش خشکی تا میزان ۷۰ درصد ظرفیت زراعی، موجب افزایش درصد اسانس شده است و با افزایش بیشتر تنش خشکی درصد اسانس کاهش یافت. با افزایش تنش خشکی برای جلوگیری از مخاطرات حیاتی برای گیاه، درصد اسانس کاهش یافته است. تأثیر تنش خشکی بر کاهش درصد اسانس گیاهان را می‌توان این گونه بیان داشت که به طور کلی، کمبود آب در هر مرحله از رشد گیاه، جذب، انتقال و مصرف عناصر غذایی را کاهش می‌دهد که پیامد آن کم شدن ذخیره کربن و کاهش درصد اسانس می‌باشد. رفعت و صالح (Refaat & Saleh, 1997) در ریحان نیز گزارش کردند که با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس افزایش می‌یابد. لتچامو و گاسلین (Letchamo & Gasselin, 1996) اثر سه رژیم رطوبتی ۹۰، ۷۰ و ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای را بر گیاه آویشن بررسی و مشاهده نمودند که بالاترین درصد و عملکرد اسانس در شرایط ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای به دست آمد که این نتیجه در توافق با یافته‌های این تحقیق بود.

بیشترین عملکرد اسانس (۰/۳۰۶ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت تنش آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که اختلاف آن با گیاهان تحت تنش آبیاری ۷۰ درصد ظرفیت زراعی معنی‌دار نبود (جدول ۲). با افزایش بیشتر تنش خشکی عملکرد اسانس کاهش یافت و به کمترین مقدار خود رسید، طوری‌که کمترین مقدار عملکرد اسانس (۰/۱۴۱ میلی‌لیتر در بوته) برای گیاهان تحت تنش آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد (جدول ۲). این مسأله ناشی از این است که تنش خشکی یکی از مهم‌ترین علل از دست دادن محصول در سرتاسر جهان است و موجب کاهش ۵۰ درصد و بیشتر عملکرد می‌گردد (Wang et al., 2003). کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک می‌تواند ناشی از اثر زیان‌بار تنش آبی بر رشد و توسعه پیکره رویشی گیاه باشد. از آن‌جا که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد سرشاخه‌های گلدار گیاه می‌باشد و مهم‌ترین جزء عملکرد اسانس عملکرد پیکره رویشی گیاه بود (جدول‌های ۵ و ۶). بنابراین، اگر چه در شرایط کم آبی درصد اسانس افزایش یافته است، ولی به دلیل کاهش محسوس عملکرد سرشاخه‌های گلدار، عملکرد اسانس کاهش یافت. آب بافت‌های گیاهان تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد و این مسأله موجب محدود شدن فتوسنتز می‌گردد. واکنش گیاه به کمبود آب، بستن سریع روزنه‌ها برای جلوگیری از دست دادن آب بیشتر از طریق تعرق می‌باشد. در نتیجه انتشار CO_2 از برگ محدود می‌گردد و این مسأله موجب محدود شدن فتوسنتز در محل پذیرش ریبولوز ۱، ۵ بیوفسفات کربوکسیلاز/ اکسیژناز (Coronic et al., 1992) یا بازداری مستقیم آنزیم‌های فتوسنتزی مانند روبیسکو (Haupt-Herting & Fock, 2000) یا ساخت ATP (Nogues & Baker, 2000) می‌گردد. علاوه بر این، شرایط تنش باعث شکل‌گیری رادیکال سوپر اکسید (O_2) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2)، رادیکال هیدروکسیل (OH) می‌گردند (Sairam & Saxena, 2000; Turkan et al., 2005). فعالیت این گونه‌های فعال اکسیژن (ROS[1]) باعث بروز صدماتی مثل اکسید شدن چربی‌ها، تغییر ساختار غشاء و از هم‌پاشیدگی یکپارچگی آن، تغییر ساختار پروتئین‌ها، غیرفعال شدن آنزیم‌ها، بی‌رنگ شدن یا از بین رفتن رنگدانه‌هایی مثل کلروفیل، حمله به مولکول‌های آبی مثل DNA و اختلال در این رشته‌های پروتئینی می‌گردد (Mohanty, 2003; Mittler, 2002; Habibi et al., 2004). این صدمات فیزیولوژیک موجب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها به ویژه در ساقه و برگ‌ها و از بین رفتن کلروفیل می‌گردد. کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و از بین رفتن کلروفیل موجب کاهش سطح برگ و در نتیجه کاهش فتوسنتز

1- Reactive oxygen speices

(کاهش گلوکز پیش‌ماده اسانس‌ها) و اجزای رشد رویشی و در نهایت کاهش عملکرد اسانس می‌گردد. اثرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس توسط رفات و صالح (Refaat & Saleh, 1997) در ریحان و لتچامو و همکاران (Letchamo et al., 1994) در آویشن و سولیناس و دایانا (Solinas & Deiana, 1996) در اکلیل کوهی (*Rosmarinus officinalis* L.) نیز گزارش گردیده است.

بیشترین درصد و عملکرد اسانس (۰/۳۶۳ درصد و ۰/۲۷۷ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت کود زیستی نیتروکسین به دست آمد و پس از آن به ترتیب کودهای بیوفسفر و مایکوریزا قرار داشتند (جدول ۲). اثر متقابل تنش خشکی و کود زیستی حاکی از آن بود که بیشترین درصد اسانس (۰/۴۱۳ درصد) از گیاهان تحت کشت کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین مقدار آن (۰/۲۰۳ درصد) از گیاهان تحت کشت کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). تحقیقات نشان داده است که CO_2 و گلوکز به عنوان پیش ماده مناسب در سنتز اسانس مطرح هستند، فتوسنتز و تولید فرآورده‌های فتوسنتزی ارتباط مستقیمی با تولید اسانس دارند. کود زیستی از طریق کمک به جذب نیتروژن و فسفر و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی و نهایتاً افزایش درصد اسانس شده است (Sangwan et al., 2001). عبدالعزیز و همکاران (Abdelaziz et al., 2007) در رزماری و قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش (*Origanum Majorana* L.) افزایش مقدار اسانس در اثر تلقیح با *ازتوباکتر* و *باسیلوس* را ناشی از افزایش تعداد غده‌های ترشحی و بیوسنتز مونوترپن‌ها بیان کردند. علاوه بر این، به دلیل این‌که تیمول جزو ترکیبات فلاونوئیدی می‌باشد، تجمع مواد فنلی حساس به تنش عناصر غذایی بوده و میزان کل فنل با کاهش میزان نیتروژن محیط افزایش می‌یابد. بنابراین مقادیر اضافی نیتروژن معمولاً رشد را تحریک نموده و از تولید فنل جلوگیری می‌کند (Omidbaygi & Nobakht, 2001) ولی چون اسانس‌ها از گروه مواد شیمیایی ترپن‌ها بوده و یا منشأ ترپنی دارند و واحدهای سازنده ترپن‌ها ازجمله ایزوپنتنیل پیروفسفات (IPP) و دی‌متیل‌آلیل پیروفسفات (DMAPP) نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های فوق ضروری می‌باشد، بنابراین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق جذب کارآمد فسفر و نیتروژن توسط ریشه آویشن، موجب افزایش درصد اسانس این گیاه داروئی شده‌اند. دلیل بهبود کیفیت گیاهان دارویی در شرایط استفاده از کودهای بیولوژیک به اثرات متقابل گیاه با ریزجاندار و انتقال سیگنال توسط ریزجاندار نسبت داده شده است (Karthikeyan et al., 2008). همچنین گزارش شده است که برخی از ریزموجودات خاکزی باعث تحریک مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه می‌شوند (Demir, 2004). این موضوع با نتیجه تحقیقات کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) در رازیانه، راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) در علف لیمو، قریب و همکاران (Gharib et al., 2008) در مرزنجوش و محفوظ و شرف‌الدین (Mahfoz & Sharaf-Eldin, 2007) در رازیانه مطابقت داشت. لیتی و همکاران (Leithy et al., 2006) در آزمایشی به اثر مثبت استفاده از کود بیولوژیک *ازتوباکتر* در افزایش اسانس گیاه دارویی رزماری اشاره داشتند. نتایج پژوهش کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2002) بیانگر اثر مثبت کاربرد کود زیستی مایکوریزا بر درصد اسانس گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بود. همچنین محفوظ و شرف الدین (Mahfoz & Sharaf-Eldin, 2007) بر روی گیاه رازیانه نتیجه گرفتند که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش درصد اسانس گیاهان مذکور شد.

بیشترین عملکرد اسانس (۰/۳۵۰ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت تیمارهای کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۹۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد که اختلاف آن با تیمارهای‌کود زیستی نیتروکسین و آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی (۰/۳۲۳ میلی‌لیتر در بوته) معنی‌دار نبود. کمترین مقدار آن (۰/۰۱۵ میلی‌لیتر در بوته) از گیاهان تحت کشت تیمار-های کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به دست آمد (جدول ۳). با توجه به اثر متقابل بین تیمارها، اختلاف عملکرد اسانس را می‌توان به تأثیر مثبت کودهای زیستی در بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاهان در شرایط تنش در نظر گرفت. به نظر می‌رسد که تولید ایندول استیک اسید و سیتوکنین با استفاده از اسیدهای آمینه تریپتوفان و آدنین ترشح شده از ریشه، هیدرولیز پیش ماده اتیلن، ۱- آمینوسیکلو پروپان- ۱- کربوکسیلیک دی‌آمیناز- ۷ و تولید مواد هورمونی در اثر واکنش نیتریت ACC به وسیله آنزیم ACC دآمیناز اسید حاصل از تنفس نیتراتی با اسید آسکوربیک مهم‌ترین سازوکار تأثیر این باکتری‌ها باشند (Zahir et al., 2004). به عبارت دیگر، کاربرد باکتری‌های محرک رشد می‌تواند در تعدیل شرایط تنش کم‌آبی از طریق بهبود فراهمی عناصر، ترشح مواد تحریک‌کننده رشد و تسریع

مراحل اولیه‌ای رشد مانند ریشه‌دوانی، جوانه‌زنی و سبز شدن مفید واقع شود (Nagananda et al., 2010). در تحقیقی کاربرد *باسیلوس* روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و زیست‌توده شد و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد (Banchio et al., 2009). با توجه به نتایج مصرف کودهای زیستی با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش کم‌آبیاری می‌توانند نقش مفیدی در جهت کاهش خسارت‌های شرایط تنش‌زا داشته باشند و مهم‌تر آن که، جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی، نوید بخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در آینده می‌باشد.

ترکیب اسانس

سطوح مختلف کود زیستی و تنش خشکی موجب تغییر (افزایش و کاهش) اسانس گیاه آویشن شدند (جدول ۴). ترکیبات فنلی مهم‌ترین ترکیبات معطر گیاه آویشن بودند. مهم‌ترین ترکیبات فنلی تیمول (۳۹/۴۹ تا ۷۱/۳۲ درصد) و کارواکرول (۰/۰۹ تا ۲/۱۰ درصد) بودند و پس از آن هیدروکربن‌های مونوترپتنی پارا–سیمن (۲۴/۶۲ تا ۳۴/۹۳ درصد)، گاما–ترپینن (۱/۳۶ تا ۵/۷۰ درصد)، میرسن (۲/۷۴ تا ۳/۹۱ درصد) و آلفا–پینن (۱/۶۱ تا ۳/۴۶ درصد) قرار داشتند. در بین ترکیبات الکلی مونوترپنی، لینالول (۰/۱۵ تا ۵/۹۸ درصد) و برنئول (۲/۰۸ تا ۵/۸۴ درصد) ترکیبات غالب بودند. ترانس کاریوفیلن (۰/۰۰ تا ۱/۹۴ درصد)، جرماکرن D (۰/۲۱ تا ۱/۵۶ درصد)، گاماکادینن (۰/۰۰ تا ۰/۴۰ درصد) مهم‌ترین ترکیبات سزکویی‌ترپنی[1] اسانس بودند. در بین ترپن‌های اکسیژنه شده، اکسید کاریوفیلن فراوان‌ترین ترکیب (۰/۰۰ تا ۰/۲۹ درصد) بود. این نتایج در توافق با نتایج گزارش شده توسط بارانائوسکین و همکاران (Baranauskiene et al., 2003) بود. این محققین بیان نمودند که مهم‌ترین ترکیبات اسانس آویشن تیمول (۴۴/۴ تا ۵۸/۱ درصد)، پارا–سیمن (۹/۱ تا ۲۸/۵ درصد)، گاما–ترپینن (۶/۹ تا ۱۸/۹ درصد) و کارواکرول (۲/۴ تا ۴/۲ درصد) می‌باشند. اوزکان و چالچار (Ozcan & Chalchar, 2004) دریافتند که اسانس آویشن اساساً متشکل از تیمول (۴۶/۲ درصد)، گاما–ترپینن (۱۴/۱ درصد)، پارا–سیمن (۹/۹ درصد)، لینالول (۴/۰ درصد)، میرسن (۳/۵ درصد)، آلفا–پینن (۳/۰ درصد) و آلفا–توجن (۲/۸ درصد) می‌باشد. تیمار آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ترکیبات اصلی اسانس از جمله تیمول که در کود زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۷۱/۳۲، ۵۰/۶۸ و ۴۷/۷۱ درصد را به خود اختصاص داده بود، تولید نمود که این اثر با کاهش پارا–سیمن که برای کود نیتروکسین، بیوفسفر و مایکوریزا به ترتیب ۲۵/۷۲، ۲۶/۷۸ و ۲۸/۲۹ درصد را به خود اختصاص داده بود، همراه بود. کارواکرول بیشترین درصد (۲/۱۰ درصد) را در گیاهان تحت کشت کود زیستی مایکوریزا و آبیاری با ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به خود اختصاص داده بود. این تیمار همچنین بیشترین درصد آلفا–هومولن (۲/۷۴ درصد)، جرماکرنD (۱/۵۶ درصد) و توریول (۱/۰۵ درصد) را نیز شامل شد. هیدروکربن‌های مونوترپتنی آلفا–پینن (۳/۴۶ درصد)، میرسن (۳/۹۱ درصد) و گاما–ترپینن (۵/۷۰ درصد) در گیاهان تحت کشت تیمار نیتروکسین و تنش خشکی ۷۰ درصد ظرفیت زراعی و هیدروکربن مونوترپتنی پارا–سیمن در گیاهان تحت کشت تیمار مایکوریزا و ۹۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین مقدار را شامل شدند. با در نظر گرفتن ارتباط بین ترکیب فنلی تیمول و مشتق هیدروکربنی پارا–سیمن در شرایط تنش خشکی، رابطه معکوسی بین این دو ترکیب مشاهده گشت. در تیمارهای کودی با افزایش تنش خشکی درصد تیمول برای جبران پارا–سیمن افزایش یافت. این بدین معنی است که نرخ تبدیل پاراسیمن به ترکیب فنلی تیمول در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد. این یافته، این نتیجه‌گیری را که ترکیبات فنلی در شرایط تنش افزایش می‌یابند، را تأیید می‌نماید. این یافته در توافق با یافته‌های بابایی و همکاران (Babaee et al., 2010) در آویشن، استرادا و همکاران (Estrada et al., 1999) در فلفل (*Capsicum annuum* L.)، عمر (Omer, 1998) در مرزنجوش و عمر و همکاران (Omer et al., 1994) در مرزنجوش شیرین (*Majorana hortensis* L.) بود.

نتایج حاصل نشان داد که محتوای دارویی ترکیبات مطلوب با دستکاری تکنیک‌های زراعی از جمله آبیاری (تنش آبی) و کوددهی امکان‌پذیر می‌باشد. در کودهای زیستی متفاوت مورد استفاده با افزایش تنش خشکی، آبیاری با ۷۰ درصد ظرفیت زراعی بیشترین ترکیبات فنلی آویشن (تیمول) به عنوان مهم‌ترین ترکیبات آن را حاصل نمود. عوامل متعددی ممکن است سطوح مواد گیاهی اساسی فعال را در طول جمع‌آوری، فرآوری و نگهداری تحت تأثیر قرار دهند. در واقع تنش‌های زیستی و غیرزیستی اثر قابل ملاحظه‌ای بر سطوح متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارند (Dixon & Paiva, 1995).

1- Sesquiterpenes

جدول ٤-اثر تنش خشکی و کود زیستی بر ترکیبات اسانس آویشن

Table 4- Effect of drought stress and biofertilizer on essential oil constituents of thyme

ترکیبات اسانس Essential oil constituents	۹۰ درصد ظرفیت زراعی 90% field capacity			۷۰ درصد ظرفیت زراعی 70% field capacity			۵۰ درصد ظرفیت زراعی 50% field capacity			۳۰ درصد ظرفیت زراعی 30% field capacity		
	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin	مایکوریزا Mycorrhiza	بیوفسفر Biophosphorus	نیتروکسین Nitroxin
آلفا-پینن α-Pinene	2.62	2.13	2.78	2.96	2.74	3.46	2.23	1.81	2.83	2.06	2.39	1.69
میرسن Myrecen	3.25	2.74	0.59	3.20	3.48	3.91	3.15	2.74	3.28	3.12	2.84	2.94
پارا-سیمن ρ-Cymene	34.93	32.60	24.62	28.29	26.78	25.72	32.65	30.84	27.55	33.36	32.77	31.13
گاما-ترپینن γ-Terpinene	2.88	1.52	2.23	2.47	4.12	5.70	2.73	5.39	4.64	1.36	1.98	2.71
لینالول Linalool	2.81	2.43	2.74	2.78	2.38	0.15	2.60	3.03	2.34	5.98	4.38	2.13
کامفور Comphor	0.41	0.40	0.56	0.43	0.53	2.64	0.40	0.55	0.33	1.09	1.01	0.39
برنئول Boroneol	3.92	4.08	4.35	4.34	4.13	3.59	3.52	4.08	4.01	2.08	5.84	4.0
ترپینئول Terpineol	2.26	1.95	1.89	2.05	1.64	2.54	3.24	1.63	2.47	0.59	0.60	1.81
تیمول Thymol	39.49	43.30	47.87	47.71	50.68	71.32	40.35	44.20	45.94	39.87	42.15	44.24
کارواکرول Carvacrol	1.00	1.04	1.15	0.85	0.21	0.15	0.24	0.18	0.22	2.10	0.23	0.09
بتا بوربونلول β-Bourb onene	0.46	0.39	0.23	0.36	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	-	0.07	0.03
ترانس کاریوفیلن Trans-caryophllene	1.94	0.64	0.57	0.50	-	0.39	0.23	0.32	0.47	0.70	0.60	0.34
آلفا-هومولن α-Hemulene	0.34	1.41	1.29	1.33	-	-	-	-	-	2.74	1.58	1.56
کادینن Cadinene	0.87	0.73	0.27	0.31	1.80	1.12	2.12	0.09	1.97	0.52	0.37	0.46
جرماکرن D Germacrene D	0.42	0.21	0.75	0.65	0.26	0.24	0.32	0.34	0.77	1.56	0.37	0.81
توریول Torreyol	0.10	0.08	0.14	0.07	0.36	0.48	0.78	0.42	0.23	1.05	0.21	0.22
گاماکادینن γ-Cadinene	0.16	0.22	0.06	0.17	0.12	0.11	0.40	0.33	0.31	-	0.08	-
اکسید کاریوفیلن Caryophyllen oxid	0.27	0.29	0.11	0.24	0.13	0.14	0.16	0.11	0.15	-	0.29	0.19
کاروتول Carotol	0.13	0.18	0.10	0.10	0.25	0.16	0.34	0.25	0.27	-	0.31	0.31

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مربوط به عملکرد کمی و کیفی آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 5- Simple correlations of quantitative and qualitative yield-related traits of thyme under drought stress and biofertilizer

صفات Traits	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)
وزن تر (گرم در بوته) Fresh weight ($g.plant^{-1}$)	0.84^{**}			
وزن خشک (گرم در بوته) Dry weight ($g.plant^{-1}$)	0.86^{**}	0.89^{**}		
درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	0.08^{ns}	0.07^{ns}	0.19^{ns}	
عملکرد اسانس (میلی‌لیتر در بوته) Essential oil yield ($mL.plant^{-1}$)	0.76^{**}	0.93^{**}	0.88^{**}	0.38^{*}

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels, and non significant respectively.

جدول ٦- رگرسیون گام به گام عملکرد اسانس و اجزای آن در آویشن تحت تنش خشکی و کود زیستی

Table 6- Stepwise regression of essential oil yield of thyme under drought stress and biofertilizer

مدل Model	R^2	C (p)	F
Essential oil yield =0.00508+0.00332 Fresh weight	0.87	213.55	307.51^{**}
Essential oil yield =-0.15424+0.00324 Fresh weight +0.48764 Essential oil	0.98	6.50	193.63^{**}

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 0.01 probability level

تنش خشکی بیوسنتز ایزوپنتنیل پیروفسفات، پیش ماده اولیه ترپن‌ها، را در گیاهان القا می‌نماید. (Turtola et al., 2003; Milborrow, 2001). ایزومرهای ایزوپنتنیل دی‌فسفات مسئول ایزومریزاسیون ایزوپنتنیل دی‌فسفات به دی‌متیل آلیل دی‌فسفات برای ساخت واحد ایزوپرن، ترکیب اساسی برای ساخت کلیه ترپن‌ها، می‌باشند. آبرو و مزافرا (Abreu & Mazzafera, 2007) نشان دادند که کمبود آب محتوای ترکیبات اساسی علف چای (*Hypericum brasiliense* L.) را تحت تأثیر قرار می‌دهد و ممکن است از طریق تخصیص مجدد کربن جذب شده موجب کاهش تدریجی رشد گیاه و افزایش متابولیت‌های ثانویه گردد. ارتباط فیزیولوژیک این پدیده از لحاظ هزینه رقابت ناشناخته است. اگر چه برای ترکیبات فنلی با ظرفیت آنتی اکسیدانی این پدیده ممکن است با مکانیزم مقابله با اثرات زیان‌آور گونه‌های فعال اکسیژن[1] (ROS) در ارتباط باشد (Kirakosyan et al., 2004).

همبستگی و رگرسیون

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی، برای افزایش عملکرد اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک طرفه صفات بدون در نظر گرفتن صفات دیگر، نتایج نامطلوبی را در پی خواهد داشت. نتایج حاصل از همبستگی بین صفات حاکی از آن بود که بیشترین همبستگی بین وزن تر سرشاخه‌های گلدار و عملکرد اسانس (۰/۹۳) وجود داشت (جدول ۵). همبستگی وزن تر سرشاخه‌های گلدار با وزن خشک آن (۰/۸۹) و ارتفاع بوته (۰/۸۴) و همبستگی وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ارتفاع بوته (۰/۸۶) بسیار قوی، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). لذا با افزایش وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و ارتفاع بوته وزن تر آن اضافه می‌گردد. همبستگی عملکرد اسانس با ارتفاع بوته (۰/۷۶)، وزن تر و خشک سرشاخه‌های گلدار (به ترتیب ۰/۹۳ و ۰/۸۸) بسیار قوی، مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۵). همبستگی عملکرد اسانس با درصد اسانس ضعیف و معنی‌دار (۰/۳۸) بود (جدول ۵). نتایج حاصل از رگرسیون بین صفات مبین این بود که وزن تر بوته به تنهایی حدود ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد اسانس و درصد اسانس فقط ۱۱ درصد از تغییرات آن را توجیه می‌نماید (جدول ۶). بنابراین مهم‌ترین جزء تعیین‌کننده عملکرد اسانس در آویشن، وزن تر سرشاخه‌های گلدار آن می‌باشد که خود نیز متأثر از وزن خشک سرشاخه‌های گلدار و ارتفاع بوته می‌باشد.

1- Reactive oxygen speices

نتیجه‌گیری

افزایش محتوای ترکیبات دارویی مطلوب آویشن با دست‌ورزی تکنیک‌های زراعی امکان‌پذیر می‌باشد. افزایش تنش خشکی تا ۷۰ درصد ظرفیت زراعی موجب افزایش ترکیبات فنلی مهم مثل تیمول گردید که در کود زیستی نیتروکسین ۷۱/۳۲ به دست آمد. نرخ تبدیل ترکیب هیدروکربنی پارا-سیمن به ترکیب فنلی تیمول در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. کود زیستی نیتروکسین نسبت به سایر کودها توانست تنش خشکی را بهتر تعدیل نماید و موجب بهبود رشد، عملکرد، درصد اسانس و ترکیب فنلی تیمول آویشن شود. بنابراین، به نظر می‌رسد که در راستای نیل به اهداف کشاورزی پایدار به جای کودهای شیمیایی قابل توصیه باشد.

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M.M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of *Rosmarinus officinalis* L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj- Napoca 35: 86-90.

Abdul- Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomas yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.

Abreu, I.N., and Mazzafera, P. 2007. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiolology and Biochemistry 43: 241-248.

Adams, R.P. 2001. Identification of Essential Oil Components by Gas Chromatography and Mass Spectrometry. Allured, USA.

Alkire, B.H., Simon, J.E., Palevitch, D., and Putievsky, E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soel. Indiana, USA. Acta Horticulture 344: 544-556.

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., and Pare, P.W. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 653-657.

Baranauskiene, R., Venskutonis, P.R., Viskekis, P., and Dambrauskiene, E. 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agriculture and Food Chemistry 51(26): 7751-7758.

Barnes, J., Andreson, L.A., and Phillipson, J.D. 2002. Herbal Medicinses. A Guide for Healthcare Profe, Second Edition, London: Pharmaceutical Press.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil- Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand p. 11.

Coronic, G., Hashghaie, J.G., Genty, B., and Briantais, J.M. 1992. Leaf photosynthesis is resistant to a mild drought stress. Photosynthetica 27: 295-300.

Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen, J.P.H., and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. Journal of Natural Production 65: 892-896.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sephidkan, F., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and biological phosphate fertilizer on the quality and quantity of essential oil of fennel. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 396-413. (In Persian with English Summary)

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press, Edinburgh 7: 320-354.

Demir, S. 2004. Influence of Arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology 28: 85-90.

Dixon, R.A., and Paiva, N. 1995. Stress-induced phenylpropanoid metabolism. Plant, Cell and Environment 7: 1085-1097.

Erkossa, T., Stahr, K., and Tabor, G. 2002. Integration of organic and inorganic fertilizers: effect on vegetable productivity. Ethiopian Agricultural Research Organization, Debre Zeit Agricultural Research Centre, Ethiopia 82: 247-256.

Estrada, B., Pomar, F., Do, A., Az, J., Merino, F., and Bernal, M.A. 1999. Pungency level in fruits of the Padron pepper with different water supply. Scientia Horticulturae 81: 385-396.

Farooqi, A.H.A., Fatima, S., Ansari, S.R., and Sharma, S. 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (plamerosa) cultivars. Journal of Essential Oil Research 11: 491-496.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud, O.N. 2008. Effect of compost and bio- fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis* L.). Journal of Agriculture and Biological Science 10: 381-387.

Gigord, L., Lavigne, C., Shykoff, J.A., and Atlan, A. 1999. Evidence for effects of restorer genes on male and female reproductive functions of hermaphrodites in the gyndioecious species *T. vulgaris* L. Journal of Evolutionary Biology 12(3): 596-604.

Glick, B.R., Penrose, D.M., and Li, J. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth promoting bacteria. Journal of Theoritical Biology 190: 3-68.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press.

Gutierrez-Manero, F.J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F.R., and Talon, M. 2001. The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce highamounts of physiologically active gibberellins. Physiologia Plantarum 111: 206-211.

Habibi, D.M., Boojar, M.A., Mahmodi, A., Ardakani, M.R., and Taleghani, D. 2004. Antioxidative enzayme in sunflower subjected to drought stress. 4th international Crop science Congress, Brishbane, Australia, 26 Septamber 1-Octobr p. 1-4.

Han, H.S., and Supanjani, K.D.L. 2006. Effect of co-inococulation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52: 130-36.

Haupt-Herting, S., and Fock, H.P. 2000. Exchange of oxygen and its role in energy dissipation during drought stress in tomato plants. Physiology Plantarum 110: 489-495.

Janssen, A.M., Scheffer, J.J.C., and Baerheim Svendsen, A. 1987. Antimicrobial activity of essential oils. A 1976-1986, literature review. Planta Medica 53(5): 395-397.

Jellin, J.M., Batz, F., and Hitchens, K. 2000. Natural Medicines Comperhensive database. California: Therapeutic Research Faculty.

Joshee, N., Mentreddy, S.R., and Yadav, K. 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. Industrial Crops and Products 25: 169-177.

Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.

Kalamian, S., Modares Sanavi, S.A.M., and Sepehri, A. 2006. Effect of water deficit at vegetative and reproductive growth stages in leafy and commercial hybrids of maize. Agricultural Research 5(3): 38-53.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P- fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2002. Mycorrhization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) to enhance the concentration and quality of essential oil. Jornal of Science Food and Agriculture 82(4): 339-342.

Karthikeyan, B., Abdul Jaleel, C., Lakshmanan, G.M.A., and Deiveekasundaram, M. 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 62(1): 143-145.

Khorramdel, S., Koocheki, S., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application of biological fertilizers on growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 2: 294-285. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahng, J., Khorramdel, S., and Nadjafi, F. 2015. Effects of mycorrhiza inoculation and different irrigation levels on yield, yield components and essential oil contents of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and ajwain (*Trachyspermum ammi* L.). Journal of Agroecology 7(1): 20-37. (In Persian with English Summary)

Kirakosyan, A., Kaufman, P., Warber, S., Zick, S., Aaronson, K., and Bolling, S. 2004. Applied environmental

stresses to enhance the levels of polyphenolics in leaves of hawthorn plants. Physiology Plantarum 121: 182-186.

Kusaka, M., Lalusin, A.G., and Fujimura, T. 2005. The maintenance of growth and turgor in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L. Leeke) cultivars with different root structures and osmo-regulation under drought stress. Plant Science 168: 1-14.

Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. Journal of Appllied Research 2: 773-779.

Letchamo, W., and Gasselin, A. 1996. Transpiration, essential oil glands, epicuticular wax and morphology of *Thymus valgaris* are influenced by light intensity and water supply. Journal of Horticultural Science 71(1): 123-134.

Letchamo, W., Marquard, R., Holz, J., and Gosselin, A. 1994. Effects of water supply and light intensity on growth and essential oil of two *Thymus vulgaris* selections. Angewandte Botanik 68: 83-88.

Leung, A.Y., and Foster, S. 1996. Encyclopedia of Common Natural Ingredients: Used in Food, Drugs and Cosmetics. A Wiley Interscience Publication- John Wiley and Sons, Inc.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel *(Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Migahed, H.A., Ahmed, A.E., and Abd El-Ghany, B.F. 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolense* under Calcareous soil. Journal of Agricultural Sciences 12: 511-525.

Milborrow, B.V. 2001. Thepathway of biosynthesis of abscisic acid in *Vascular olants*: A review of the present state of knowledge of ABA biosynthesis. Journal of Experimental Botany 52: 1145-1164.

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidatnt and stress tolerance. Annal Review of Plant Science 7: 405-415.

Mohanty, N. 2003. Photosynthetic characteristics and enzymatic antioxidant capacity of flag leaf and the grain yield in two cultivars of *Triticum aestivum* L. exposed to warmer growth conditions. Journal of Plant Physiology 160: 71-74.

Muni Ram, D., and Singh, S. 1995. Irrigation and nitrogen requirements of Bergamot min on a sandy loam soil under sub-tropical conditions. Agricultural Water Management 27: 45-54.

Nagananda, G.S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. *In vitro* studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394-403.

Nickavar, B., Mojab, F., and Dolat Abadi, R. 2005. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. Food Chemistry 90(4): 609-611.

Nogues, S., and Baker, N.R. 2000. Effect of drought on photosynthesis in Medetrarnean plants grown under enhanced UV-B radiation. Journal of Exprimental Botany 51: 1309-1317.

Omer, E.A. 1998. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in sandy soil. Egyptian Journal of Horticulture 25(3): 295-307.

Omer, E.A., Ouda, H.E., and Ahmad, S.S. 1994. Cultivation of sweet marjoram, *Majorana hortenses* in newly reclaimed lands of Egyptian Journal Herbs Spices Medicinal Plants 2(2): 9-16.

Omidbaygi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil *(Ocimum basilicum)* at different irrigation regimes. Journal of Essential Oil Bearing Plants 6: 104-108.

Omidbaygi, R., and Nobakht, A. 2001. Nitrogen fertilizer affecting growth, seed yield and active substances of Milk thistle. Pakistan Journal of Biological Science 4: 1345-1349.

Ozcan, M., and Chalchat, J.C. 2004. Aroma profile of *Thymus vulgaris* L. growing wild in Turkey. Bule Journal of Plant Physiology 30(3-4): 68-73.

Pal, K.K., Tilak, V.B.R., Saxena, A.K., Dey, R., and Singh, C.S. 2001. Suppression of maize root diseases caused by *Macrophomia phaseolina*, *Fusarium moniliforme* and *Fusarium graminaerum* caused by plant growth promoting *rhizobacteria*. Microbiological Research 156: 209-223.

Rademacher, W. 1994. Gibberellin formation in microorganisms. Plant Growth Regulation 15: 303-314.

Ratti, N., Kumar, S., Verma, H.N., and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. Motia by *rhizobecteria*, AMF and *Azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Refaat, A.M., and Saleh, M.M. 1997. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.

Rezapor, A.R., Heidari, M., Galavi, M., and Ramrodi, M. 2011. Effect of water stress and different amounts of

sulfur fertilizer on grian yield, grain yield components and osmotic adjustment in *Nigella sativa* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 3: 384-396. (In Persian with English Summary)

Rustaiyan, A., Masoudi, S., Monfared, A., Kamalinejad, M., Lajevardi, T., Sedaghat, S., and Yari, M. 2000. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran. Planta Medica 66: 197-198.

Sailo, G.L., and Bagyaraj, D.J. 2005. Influence of different AM-fungi on the growth, nutrition and forskolin content of *Coleus forskohlii*. Mycological Research 109: 795-798.

Sairam, R.K., and Saxena, D.C. 2000. Oxidative stress and antioxidant in wheat genotypes: possible mechanism of water stress tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science 184: 55-61.

Sangwan, N.S., Farooqi, A.H.A., Shabih, F., and Sangwan, R.S. 2001. Regulation of essential oil production in plants. Plant Growth Regulation 34: 3-21.

Shabahang, J., Khorramdel, S., Siahmargue, A., Gheshm, R., and Jafari, L. 2014. Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology 6(2): 353-363. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India.

Simon, J.E., Bubenheim, R.D., Joly, R.J., and Chrles, D.J. 1992. Water stress induced alternations in essential oil content and composition of sweet basil. Journal of Essential Oil Research 4: 71-75.

Solinas, V., and Deiana, S. 1996. Effect of water and nutritional conditions on the *Rosmarinus officinalis* L. phenolic fraction and essential oil yields. Italian Eppos 19: 189-198.

Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R., Kuikkarni, R., and et al. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 22: 356-358.

Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Shekhar Nautiyal, C., Mittal, S., Tripathi, A.K., and Johri, B.N. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science 89: 136-150.

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidant in the leaves of drought– sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyetylen glycol mediated water stress. Plant Science 168: 223-231.

Turtola, S., Manninen, A.M., Rikalaand, R., and Kainulainen, P. 2003. Drought stress alters the concentration of wood terpenoids in Scots pine and Norway spruce seedlings. Journal Chemistry Ecology 29: 1981-1955.

Vinutha, T. 2005. Biochemical Studies on *Ocimum* sp. Inoculated with Microbial Inoculants. MSc (Agriculture) thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Wang, W., Vinocur, B., and Altman, M.A. 2003. Plant responses to drought towards genetic engineering for stress tolerance. Planta 218: 1-14.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Xia, L., Yang, W., and Xiufengl, Y. 2007. Effects of water stress on berberine, jatrorrhizine and palmatine contents in amur corktree seedlings. Acta Ecologica Sinica 27(1): 58-64.

Young, C.C., Lai, W.A., Shen, F.T., Huang, W.S., and Arun, A.B. 2004. Characterization of multifunctional biofertilizer from Taiwan and biosafety considerations. International Symposium on Future Development of Agricultural Biotechnology Park p. 373-388.

Youssef, A.A., Edri, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299-311.

Zahir, A.Z., Arshad, M., and Frankenberger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria. Advances in Agronomy 81: 97-168.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 254-266

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۶-۲۵۴

اثر روش‌های خاک‌ورزی و کنترل شیمیایی بر تراکم و تنوع گونه‌های علف‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در کشت دوم بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.)

محبوبه سردار[۱]، محمدعلی بهدانی[۲*]، سید وحید اسلامی[۲] و سهراب محمودی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۲/۱٤

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر استفاده توأم روش‌های متفاوت خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز بر تنوع گونه‌ای و تراکم علف‌های‌هرز پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان بشرویه در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ بـه اجـرا درآمد. فاکتورهای آزمایش شامل روش خاک‌ورزی پنبـه بـه عنـوان فـاکتور اصـلی در سـه سـطح شـامل: خـاک‌ورزی مرسـوم (گـاوآهن برگـردان‌دار)، بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی (چیزل+ دیسک) و روش‌های کنترل علف‌های‌هرز در پنج سطح (علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم (با نام تجـارتی انووک با فرمولاسیون گرانول پخش‌شونده در آب ۷۵ درصد به مقدار ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار+ مویان) به میزان ده، ۱۵ و ۲۰ گرم در هکتـار بـه همراه سیتوگیت دو در هزار، به همراه تیمارهای وجین و عدم کنترل علف‌های‌هرز) به عنوان فاکتور فرعی در چهار تکرار انجام شد. صفات تراکم و تنـوع گونه‌های علف‌های‌هرز در سه زمان قبل از سمپاشی، ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی و عملکرد پنبه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روش‌های خاک‌ورزی تأثیر به سزایی در تراکم و ترکیب علف‌های‌هرز پنبه دارد. روش‌های کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسـوم، بـه ترتیـب باعث افزایش ۱۴/۴۷ و ۲۲/۷۲ درصدی تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ شدند؛ در حالی‌که تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ ۴۸/۲۱ و ۶۵/۴۷ درصد کـاهش یافت. در تیمار بدون خاک‌ورزی بیشتر علف‌های‌هرز چندساله به خصوص پنجه مرغی (*Cynodon dactylon* L.) غالب بود، امـا در روش خـاک‌ورزی مرسوم بیشتر علف‌های‌هرز یک‌ساله از قبیل ارزن وحشی (*Setaria* spp.)، سوروف (*Echinochloa crus gali* L.)، تاج خروس (*Amaranthus* sp.) و سلمک (*Chenopodium album* L.) غالبیت داشت. در روش کم‌خاک‌ورزی هم علف‌های‌هرز چندساله وجود داشت و هم علف‌های‌هرز یک-ساله. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز (باریک‌برگ و پهن‌برگ) در مزرعه پنبه، تحـت تـأثیر دز ۲۰ گـرم انـوک در هکتـار بـه همـراه سـیتوگیت در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد و خاک‌ورزی حفاظتی در رتبه بعدی قـرار گرفـت. بیشـترین عملکـرد پنبـه در تیمـار کـم‌خـاک‌ورزی بـه همـراه وجـین علف‌های‌هرز مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: انوک (تری فلوکسی سولفورون سدیم)، پراکنش علف‌هرز، خاک‌ورزی حفاظتی، گیاه لیفی

مقدمه

پنبـه (*Gossypium hirsutum* L.) بیشـترین رشـد خـود را در شرایط بدون تداخل علف‌هرز دارد و در ایـن شـرایط دارای عملکـرد و کیفیت قابل قبولی می‌باشـد (Wilcut, 1995). بـر اسـاس اطلاعـات موجود، حدود ۱۸۰ هزار تن وش و ۵۵-۶۰ هزار تن الیاف در ایران در سال ۱۳۹۳ از پنبه استخراج شده است. شـولر و گرنبـرگ (Showler & Greenberg, 2003) گزارش کردند که علف‌های‌هـرز موجـود در پنبه می‌توانند میزبان آفات باشند به طوری‌که علف‌های‌هرز در ابتـدای فصل رشد پنبه میزبان شته (*Aphis gossypi* G.) و در اواخـر فصـل رشـد میزبـان عسـلک پنبـه (*Bemisia tabaci* G.) مـی‌باشـند (Showler & Greenberg, 2003). از میان ده علف‌هرز مهم مزارع پنبه تقریبا دو سوم آن‌ها گونه‌های علف‌هرز پهـن‌بـرگ و یـک سـوم آن‌ها علف‌های چمنی یا جگـن‌هـا مـی‌باشـند (Leon et al., 2003). عملیات خاک‌ورزی بخشی از عملیات زراعی است که به منظور آماده-سازی خاک برای زراعت انجام می‌شـود. حـدود ۶۰ درصـد از انـرژی مکانیکی مورد مصرف در کشاورزی ماشینی، صـرف عملیـات خـاک-

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناس ارشد زراعت و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

ورزی بستر می شود (Jacobs et al., 1983). خاک‌ورزی رایج سبب قطع و از بین رفتن اندام‌های زایا می‌شود و بسته به شخم ثانویه مورد استفاده برای تهیه بستر بذر ممکن است بخشی از اندام‌های زایا را به سطح خاک آورد تا در معرض خشکیدگی و درجه حرارت‌های پایین قرار گیرند (Rashed mohasel & Mosavii, 2005).

تغییر تراکم و ترکیب علف‌های‌هرز در سیستم‌های شخم حفاظتی به عوامل مختلفی از قبیل منطقه، نوع گیاه زراعی، خاک و مقدار بقایای گیاهی بستگی دارد. تحت خاک‌ورزی کاهش‌یافته، جمعیت گونه‌های علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ یک‌ساله یا جوانه‌زنی سطحی و زود هنگام در همان فصل زراعی افزایش می‌یابد، اما موجب افزایش جمعیت علف‌های‌هرز چندساله در سال‌های بعد می‌شود. این موضوع تا حدودی به دلیل تجمع بذور علف‌های‌هرز در سطح خاک یا لایه رویی آن است. شخم سبب توزیع کم و بیش یکنواخت بذور در نیم رخ خاک می‌شود. نظام شخم کاهش‌یافته موجب مزیت بخشی به چنین گونه‌هایی با جوانه سطحی در مقایسه با گونه‌های با جوانه‌زنی از اعماق بیشتر نظیر یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.)، توق (*Xanthium strumarium* L.)، گونه‌های نیلوفر پیچ (*Ipomoea tricolor* Cav.) و بسیاری دیگری از گونه‌ها می‌شود. معمولاً گونه‌هایی با جوانه‌زنی زود هنگام از نظام بدون شخم بهره‌گیری مناسبی می‌نمایند، زیرا برخی از آن‌ها پیش از کاشت گیاه زراعی جوانه می‌زنند و به این ترتیب در مقایسه با گونه‌های با جوانه‌زنی دیر هنگام مزیت رقابتی کسب می‌کنند. جهانی کندری و همکاران (Jahani Kondori et al., 2012) با بررسی تأثیر برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک بر شاخص تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز گزارش نمودند که بین محتوی کربن، فسفر، پتاسیم، نیتروژن و اسیدیته خاک و شاخص شانون علف‌های‌هرز همبستگی معنی‌داری مشاهده گردید؛ به طوری- که با افزایش میزان کربن، نیتروژن، فسفر و پتاسیم و کاهش اسیدیته شاخص شانون افزایش یافت و همبستگی مثبت معنی‌داری بین میزان کربن و نیتروژن خاک با غنای گونه‌ای علف‌های هرز به دست آمد.

استفاده از مواد شیمیایی از ابزارهای مهم در کنترل علف‌های‌هرز در کشورهای پیشرفته محسوب می‌شود. علف‌کش‌ها پایه اصلی در مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز به حساب می‌آیند (Vencill et al., 1994). باید در نظر داشت که یک علف‌کش درصد معینی از علف‌های‌هرز را از بین می‌برد و بر اساس آزمایشات متعدد در ایران در بهترین شرایط بین ۸۰ تا ۹۰ درصد علف‌های‌هرز پنبه را می‌توان با علف‌کش از بین برد، لذا هر چه تراکم علف‌های‌هرز در یک مزرعه بیشتر باشد، تعداد بیشتری از آن زنده خواهند ماند. لذا باید همیشه مدنظر داشت که علف‌کش‌ها در زمین‌هایی مؤثرند که تراکم علف‌های‌هرز، با استفاده از سایر روش‌ها به حداقل کاهش یافته باشد (Musavii, 2009). تری فلوکسی سولفورون سدیم به عنوان علف‌کش با مقدار مصرف پایین و ابزاری کارآمد در مدیریت کاهش سموم معرفی شده است (Burke et al., 2004). مصرف این علف‌کش، بین مرحله دو تا هشت برگی پنبه توصیه شده اما در مرحله پنج تا هشت برگی بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌های‌هرز داشته است (Porterfield et al., 2002; Richardson et al., 2004; Richardson et al., 2007). اِنوُک در دزهای مختلفی قابل توصیه است. در ایران میزان قابل توصیه این علف‌کش ۱۵ تا ۲۰ گرم تری فلوکسی سولفورون سدیم ۷۵٪ WG به همراه سیتوگیت دو در هزار در یک هکتار در مرحله پنج تا هشت برگی پنبه می‌باشد.

بدین‌ترتیب، با توجه به عدم وجود اطلاعات کافی در مورد مزایا و معایب خاک‌ورزی حفاظتی (کم و بی‌خاک‌ورزی) در منطقه بشرویه که پنبه جزو محصولات استراتژیک آن است، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کنترل علف‌های‌هرز بر ظهور گونه‌های مختلف علف‌هرز، تراکم و پراکنش آن‌ها در شرایط آب و هوایی بشرویه صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در شهرستان بشرویه واقع در خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. شهرستان بشرویه با عرض جغرافیایی ´۵۴°۳۳, شمالی و طول جغرافیایی ´۲۷°, ۵۷ شرقی و ارتفاع ۸۸۵ متر از سطح دریا قرار گرفته است. فاکتور اصلی، روش خاک‌ورزی در سه سطح شامل: خاک‌ورزی مرسوم (شخم با گاوآهن برگردان‌دار)، سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی (چیزل+ دیسک) و فاکتور فرعی، روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز در پنج سطح شامل: استفاده از علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم (با نام تجاری اِنوُک با فرمولاسیون گرانول پخش‌شونده در آب ۷۵ درصد به مقدار ۱۱/۲۵ گرم ماده مؤثره در هکتار+ مویان (دو در هزار سیتوگیت) به میزان ده، ۱۵ و ۲۰ گرم در هکتار، به همراه تیمارهای وجین و عدم کنترل علف‌های‌هرز بود. در زمین محل اجرای طرح در سال قبل

گندم (*Triticum aestivum* L.) کشت شده بود. میزان کود مورد نیاز بر اساس ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم در هکتار و با توجه به مساحت زمین زیر کاشت، ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم بود. کود نیتروژن به صورت سرک در چهار مرحله (زمان کاشت، مراحل چهار تا شش برگی، شروع غنچه‌دهی و شروع گلدهی) و کود فسفاته همزمان با کاشت مصرف شد. عملیات آماده‌سازی زمین در روش خاک‌ورزی مرسوم پنبه، شامل: شخم با گاوآهن برگردان‌دار (در اواخر فروردین ماه)، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی بود و تمام بقایای محصول قبل با خاک مخلوط شد. در سیستم بی‌خاک‌ورزی، پس از برداشت گندم با کمباین، تمام بقایای گیاهی روی زمین رها شده بود و با استفاده از دستگاه کشت مخصوص بی‌خاک‌ورزی (بذر کار کودکار بدون خاک‌ورزی) فرآیند کاشت بذرها بلافاصله پس از برداشت گندم انجام گرفت. در سیستم کم‌خاک‌ورزی نیز با استفاده از گاوآهن‌های چیزل زمین شخم زده شد به طوری‌که ۳۰٪ از بقایای گندم سال قبل روی سطح خاک باقی مانده و بقیه با خاک مخلوط، سپس فرآیند کاشت با دستگاه ردیف کار انجام شد. طول کرت اصلی کاشت پنج متر و عرض آن ۲۴/۵ متر بود و کرت‌های فرعی با طول پنج متر و عرض ۴/۹ متر به صورت تصادفی در داخل کرت اصلی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی فرعی شامل ۱۴ ردیف کاشت و با فاصله ۳۵ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله بین کرت‌ها نیز یک ردیف کاشت در نظر گرفته شد. در تمام کشت‌های پنبه در این شهرستان، به دلیل دماهای بسیار بالای روزانه در طی فصل رشدی پنبه و با هدف کاهش تبخیر آب از خاک، فواصل بین ردیف‌ها در کشت پنبه ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته می‌شود. برای هر بلوک یک جوی آب و فاضلاب جداگانه در نظر گرفته شد. برای کاشت پنبه از رقم ورامین و به میزان ۳۰ کیلوگرم از بذر دلینته در هر هکتار استفاده شد. در هر سه سیستم خاک‌ورزی، بلافاصله بعد از کشت، آبیاری اولیه صورت پذیرفت و در ابتدای فصل رشدی بر اساس عرف این منطقه، آبیاری با فواصل هر هشت روز یک‌بار، با شروع مرحله گلدهی با فواصل هر چهار روز و از ابتدای مرحله غوزه‌دهی تا پایان برداشت با همان فواصل هر هشت روز یک‌بار انجام گرفت. در مرحله دو تا چهار برگی عملیات تنک صورت گرفت. با توجه به تراکم و سرعت رشد بالای علف‌های‌هرز مزرعه در مقایسه با بوته‌های پنبه، با رسیدن پنبه‌ها به مرحله پنج و شش برگی، سمپاشی کرت‌های آزمایشی با غلظت‌های مشخص شده علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم انجام پذیرفت. در طول فصل رشد مبارزه علیه آفات شته (*Aphis gossypi*)، تریپس (*Thrips flavus*)، عسلک (*Bemisia tabaci*) و سنک پنبه (*Oxycarenus hylipennis*) با آفت‌کش‌های مناسب (متاسیستوکس و لاروین) انجام شد. با توجه به تراکم و سرعت رشد بالای علف‌های‌هرز مزرعه در مقایسه با بوته‌های پنبه، با رسیدن پنبه‌ها به مرحله پنج و شش برگی، سمپاشی کرت‌های آزمایشی با غلظت‌های مشخص شده علف‌کش تری فلوکسی سولفورون سدیم توسط سمپاش کتابی پشتی تلمبه از بغل و نازل تی-جت با فشار دو بار و حجم پاشش ۴۰۰ لیتر آب در هکتار انجام گرفت. شناسایی علف‌های‌هرز غالب در هر کرت و محاسبه تراکم آن‌ها در سه زمان ذکر شده و در سه نوبت با استفاده از نمونه‌گیری حاصل از دو کادر ثابت ۵۰×۵۰ سانتی‌متری در بین دو پشته در هر کرت در قبل از سمپاشی (مرحله چهار و پنج برگی پنبه) و ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی انجام گرفت. عملکرد وش در هکتار نیز با نمونه‌گیری سطحی به مساحت ۲/۵ مترمربع (۲۰ بوته) از محصول و دو خط وسط با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه، در زمان برداشت محصول صورت گرفت. تجزیه آماری با استفاده از برنامه SAS 9.1 ویرایش هشت و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD محافظت شده در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

نتایج و بحث

علف‌های‌هرز موجود در مزرعه ترکیبی از علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ، شامل سلمک[1]، خارشتر[2]، تلخه بیان[3]، تاج خروس[4]، سوروف[5]، ارزن وحشی[6] و پنجه مرغی[7] بودند (جدول ۱).

درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌شود، تراکم اولیه علف‌های‌هرز باریک‌برگ (سوروف، ارزن وحشی و پنجه مرغی) در شرایط بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود.

1- *Chenopodium album* L.
2- *Alhagi alhagi* Fisch.
3- *Acroptilon repens* D.C.
4- *Amaranthus* sp.
5- *Echinochloa crus gali* L.
6- *Setaria* spp.
7- *Cynodon dactylon* L. Pcrs.

جدول ۱- خصوصیات علف‌های‌هرز موجود در مزرعه

Table 1- Characteristics of weed species existing in the field

نام علف هرز Weed name	خانواده Family	سیکل رویشی Vegetative cycle	فرم رویشی Vegetative form
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	Poaceae	چندساله Perennial	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
ارزن وحشی *Setaria* spp.	Poaceae	یک‌ساله Annual	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	Poaceae	یک‌ساله Annual	باریک‌برگ Narrow-leaf weed
سلمک *Chenopodium album* L.	Chenopodiaceae	یک‌ساله Annual	پهن‌برگ Broad-leaf weed
تلخه بیان *Acroptilon repens* D.C.	Compositae	چندساله Perennial	پهن‌برگ Broad-leaf weed
خارشتر *Alhagi alhagi* Fisch.	Leguminosae	چندساله Perennial	پهن‌برگ Broad-leaf weed
تاج خروس *Amaranthus* sp.	Amaranthaceae	یک‌ساله Annual	پهن‌برگ Broad-leaf weed

درصد تغییرات تراکم اولیه علف‌های‌هرز باریک‌برگ در کم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم ۱۴/۴۷ درصد افزایش و در شرایط بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم ۲۲/۷۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۲). در سیستم بی‌خاک‌ورزی و کم-خاک‌ورزی، بذور علف‌های‌هرز در زیر کاه و کلش قرار می‌گیرند، شرایط برای جوانه‌زنی و رشد این علف‌های‌هرز فراهم می‌شود. تکثیر گیاهان یک‌ساله ارزن وحشی و سوروف از طریق بذر صورت می‌گیرد و دارای بذور درشت‌تری نیز هستند، و برای جوانه‌زنی نیاز به نور ندارند به همین دلیل تراکم آن‌ها در خاک‌ورزی حفاظتی بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. علاوه بر آن برگ‌های گیاهان باریک‌برگ بر خلاف پهن‌برگ‌ها به راحتی از میان کاه و کلش بر جای مانده بر روی زمین در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی خارج می‌شوند. جمعیت علف‌های‌هرز یک‌ساله تک‌لپه در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) نسبت به روش خاک‌ورزی مرسوم افزایش داشت و دلیل آن احتمالاً مربوط به عدم نیاز بذور این علف‌های‌هرز به نور برای جوانه‌زنی می‌باشد. پنجه مرغی علاوه بر این‌که گیاهی باریک‌برگ بوده و همان‌طور که در بالا گفته شد، سبز شدن آن از بین کاه و کلش در سیستم‌های حفاظتی در مقایسه با پهن‌برگ‌ها با مشکل کمتری رو به رو است (Vencill et al., 1994)، علف‌هرزی چندساله است که معمولاً در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی فرصت بیشتری برای گسترش سیستم ریزوم و اندام‌های زیرزمینی پیدا کرده و گسترش بیشتری می‌یابد. لذا به دلایل فوق‌الذکر افزایش تراکم آن در سیستم‌های حفاظتی طبیعی به نظر می‌رسد. افزایش رطوبت خاک، شرایط را برای جوانه‌زنی بذور برخی از علف‌های‌هرز فراهم می‌کند، گونه‌هایی از علف‌هرز متحمل به نور کم و رطوبت شدید در این شرایط به خوبی رشد می‌کنند. سوروف از جمله علف‌های‌هرز یک‌ساله چهارکربنه رطوبت دوست می‌باشد به همین دلیل در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) با توجه به حفظ رطوبت زمین توسط بقایای گیاهی محصول قبل، امکان رشد این علف‌هرز بیشتر است. نیز گزارش کردند که تراکم گراس‌های یک‌ساله رطوبت دوست در روش بدون خاک‌ورزی بیش از شرایط خاک‌ورزی با گاوآهن برگردان‌دار (خاک‌ورزی مرسوم) بود.

مقایسه میانگین روش‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داد که درصد کاهش تراکم باریک برگ‌ها ۱۵ روز پس از سمپاشی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۲۹/۳۱، ۹/۰۵۵ و ۷/۵۷ درصد و در ۳۰ روز پس از سمپاشی در تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم، حفاظتی و بی‌خاک‌ورزی به ترتیب ۳۰/۶۳، ۱۹/۰۵۵ و ۱۹/۶ درصد بود (شکل ۱).

جدول۲- تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ (بوته در مترمربع) به تفکیک گونه در زمان‌های مختلف

Table 2- Narrow-leaf weed density (plants.m^{-2}) at different times separated by species

نام علف‌هرز Weed name	بی‌خاک‌ورزی No tillage			کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage			خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage		
	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه Primary	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	2.4^{a}	3.1^{a}	2.26^{a}	2.0^{a}	0.2^{a}	1.7^{b}	1.4^{b}	1.75^{a}	1.95^{a}
ارزن وحشی *Setaria* spp.	6.05^{a}	5.7 ^{a}	4.86^{a}	5^{a}	4.9^{a}	3.92^{a}	4.5^{a}	2.35^{a}	2.32^{a}
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	6.95^{a}	5.4^{a}	4.9^{a}	6.75^{a}	5.85^{a}	4.95^{a}	6.0^{a}	4.07^{a}	3.77^{a}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

این نتایج نشان می‌دهد کارآیی علف‌کش انوک در خاک‌ورزی مرسوم بیش از روش‌های حفاظتی (کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) بوده است. دلیل این امر احتمالاً به علت جذب بخشی از علف‌کش توسط کاه و کلش در سیستم‌های حفاظتی و جلوگیری از تماس بخشی از علف‌های‌هرز با علف‌کش در این سیستم‌ها می‌باشد. نتایج تحقیقات (Madandoos et al., 2009) نشان داد اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مجموع تعداد علف‌های‌هرز معنی‌دار بود و بیشترین تعداد علف‌هرز در هر دو مرحله نمونه‌برداری (اولیه و ۳۰ روز پس از سمپاشی) متعلق به تیمار بدون خاک‌ورزی بود و تیمارهای کم‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در گروه‌های بعدی آماری قرار گرفتند. عموماً در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی که بقایای فصل قبل بر روی زمین باقی می‌مانند، بخش زیادی از علف‌کش مصرفی جذب بقایا گشته و علف‌های‌هرزی که در لابه‌لای بقایا سبز شده‌اند گاهاً از در معرض علف‌کش قرار گرفتن مصون می‌مانند (Chauhan & Abugho, 2012). در مقابل، از آن‌جایی که در روش خاک‌ورزی مرسوم، سطح خاک عاری از بقایای گیاهان فصل گذشته است، علف‌های‌هرز قابلیت فرار از علف‌کش را نداشته و بیشتر در معرض تماس مستقیم با علف‌کش قرار می‌گیرند، این امر موجب جذب بیشتر علف‌کش در علف‌های هرز در مقایسه با سیستم‌های کشاورزی حفاظتی می‌شود که به نوبه خود موجب کاهش بیشتر تراکم علف‌های‌هرز در خاک‌ورزی مرسوم می‌گردد. اما با این وجود، حضور بقایای گیاهی در دو روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی شرایط مناسب‌تری از نظر حاصلخیزی، رطوبت و میزان مواد آلی خاک برای پنبه فراهم می‌آورند که می‌تواند موجب افزایش عملکرد وش نسبت به خاک‌ورزی مرسوم شود. در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی (بی-خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی) پسماندهای گیاهان زراعی و پوشش حاصل از کاشت گیاه قبلی بر روی سطح خاک وجود دارند که می‌توانند اثرات معنی‌داری بر رفتار و فعالیت علف‌کش‌ها داشته باشند (Tesdale et al., 2003). مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف علف‌کش، اختلاف معنی‌دار بین سطوح این فاکتور را بر تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ تأیید کرد (جدول۲). بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز مرغ و ارزن وحشی بعد از ۳۰ روز از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه در تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار به ترتیب ۵۴/۸۰ و ۷۴/۶۹ درصد مشاهده شد. بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز باریک‌برگ سوروف نیز تحت تأثیر غلظت ۲۰ گرم انوک در هکتار (۶۲/۲۸ درصد) و کمترین آن تحت تأثیر غلظت ده گرم انوک در هکتار (۷/۹۲ درصد) به دست آمد (جدول ۳). علف‌کش انوک به همراه سیتوگیت، روی علف‌هرز ارزن وحشی بیشترین تأثیر را داشت و باعث کنترل بهتر این گونه از علف‌های‌هرز باریک‌برگ شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ (بوته در مترمربع) به تفکیک گونه در روش‌های مختلف کنترل

Table 3- Mean comparisons of narrow-leaf weed density (plants.m^{-2}) at different types of control methods separated by species

نام علف‌هرز Weed name		عدم کنترل No control	وجین Weeding	۲۰ گرم انوک در هکتار 20 g.ha^{-1} Envoke	۱۵ گرم انوک در هکتار 15 g.ha^{-1} Envoke	۱۰ گرم انوک درهکتار 10 g.ha^{-1} Envoke
پنجه مرغی *Cynodon dactylon* L. Pcrs.	اولیه Primary	2.06^{ab}	1.19^{b}	1.04^{a}	2.05^{a}	1.01^{b}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.01^{a}	0.01^{b}	0.66^{ab}	1.38^{a}	1.0^{a}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	2.95^{a}	0.0^{b}	0.47^{a}	1.01^{a}	0.61^{a}
ارزن وحشی *Setaria* spp.	اولیه Primary	4.35^{a}	1.85^{b}	4.15^{a}	3.0^{a}	2.13^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	5.02^{a}	0.06^{b}	2.1^{a}	2.36^{a}	2.11^{a}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	6.32^{a}	0.04^{c}	1.05^{b}	1.94^{a}	1.0^{b}
سوروف *Echinochloa crus-gali* L.	اولیه Primary	5.78^{a}	1.86^{c}	5.32^{a}	4.69^{bc}	5.05^{bc}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	6.06^{a}	0.01^{c}	3.0^{b}	3.63^{b}	5.0^{b}
	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	6.67^{a}	0.0^{d}	2.01^{c}	2.46^{bc}	4.65^{b}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

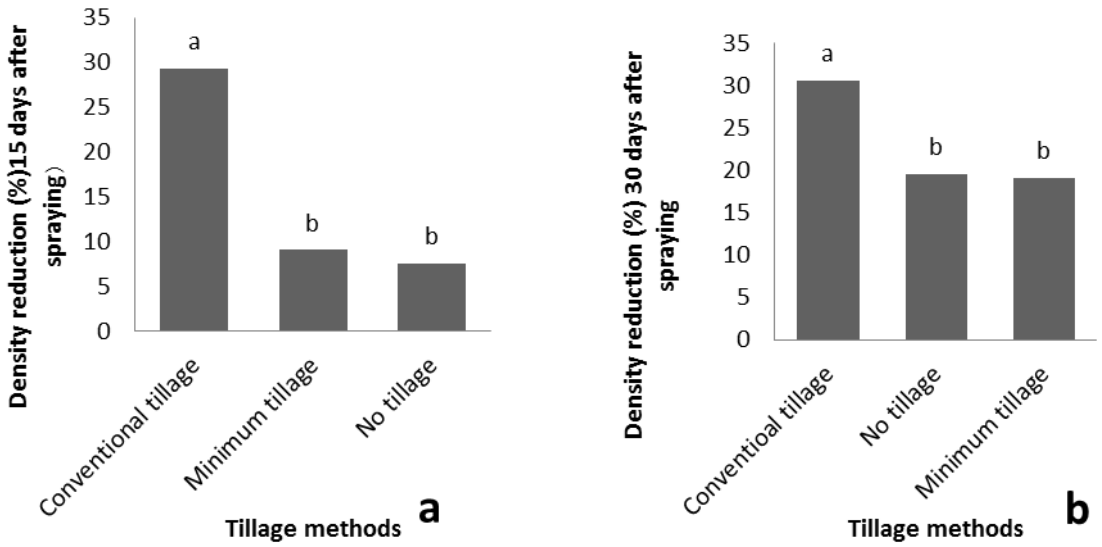
مطابق شکل ۲، تیمار وجین در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی، بیشترین تأثیر را در کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ به ترتیب ۹۳/۱ و ۹۱/۶ درصد نشان داد (جدول ۲ و شکل ۲).

نتایج سایر محققین نیز بیانگر توانایی علف‌کش انوک برای کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ مخصوصاً اویارسلام (*Cyperus escuentus* L.) و برخی از پهن‌برگ‌ها می‌باشد. در شاهد بدون کنترل علف‌هرز، علف‌های‌هرز بر بوته‌های پنبه غالبیت پیدا کردند و در نتیجه در این تیمارها تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ بالا بوده و به تبع آن موجب کاهش عملکرد پنبه شدند و در تیمارهای دارای علف‌کش انوک (دز ۱۵ و ۲۰ گرم انوک در هکتار) تراکم و درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ بعد از سم پاشی نسبت به قبل از آن کم‌تر بود، چون این علف‌کش خاصیت سیستمیک داشته و علاوه بر آن ماده افزودنی سیتوگیت تأثیر آن را افزایش داد (جدول ۲ و شکل ۲).

درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ

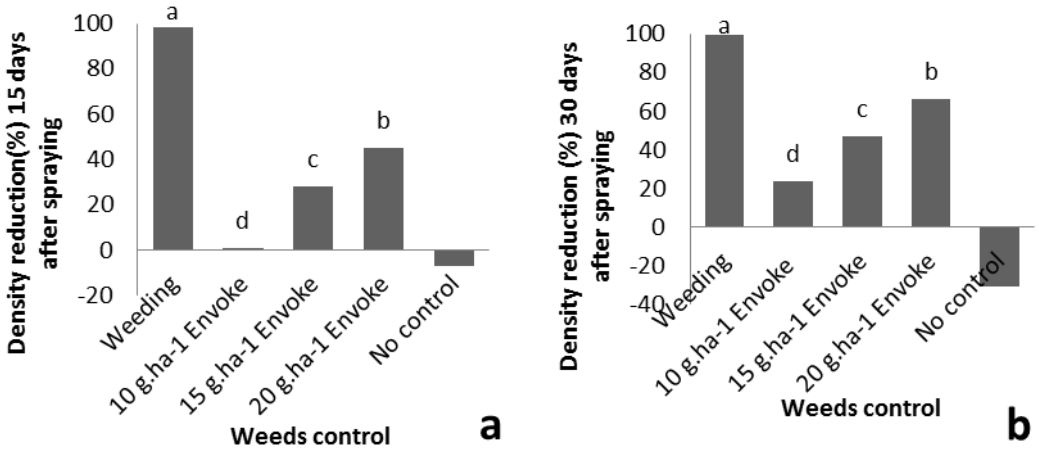
همان‌طور که در جدول۴ ملاحظه می‌شود تراکم اولیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ گونه‌های سلمک، تلخه بیان (*Acroptilon repens* L.)، تاج خروس و خارشتر در روش بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. درصد تغییرات تراکم اولیه علف‌های‌هرز پهن‌برگ در بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم،

۶۵/۴۷ درصد کاهش و در شرایط کم‌خاک‌ورزی ۴۷/۲۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۴).



شکل۱- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 1- Effect of different tillage methods on narrow-leaf weed density at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)



شکل ۲- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی(ب)

Fig. 2- The effect of different methods of weed control on narrow-leaf weed density reduction at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

عمق دفن بذور و مقدار بقایای گیاهی موجود در سطح خاک از جمله عوامل مؤثر در تسریع خروج جوانه‌ها از خاک، مخصوصاً در علف‌های‌هرز پهن‌برگ می‌باشد. با توجه به این‌که این گونه از علف‌های‌هرز (برگ‌پهن‌ها) دارای بذور ریزی بوده و برای جوانه‌زنی نیازمند نور هستند، در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی حضور کاه و کلش حاصل بقایای محصول قبلی مانع از رسیدن نور به این بذور می‌شوند و جوانه‌زنی آن‌ها کاهش می‌یابد. از آن‌جا که در روش کم-خاک‌ورزی حدود ۳۰ درصد از بقایای گیاهی در سطح خاک باقی می‌مانند و نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی، ۷۰ درصد از کاه و کلش با خاک مخلوط شدند، بنابراین، بذور علف‌های‌هرز بیشتر در معرض نور قرار می‌گیرند و جوانه‌زنی آن‌ها نسبت به روش بی‌خاک‌ورزی نیز بیشتر است (Swanton et al., 2000). نیز گزارش کردند که تراکم

بذور علف‌هرز تاج خروس و سلمک در بانک بذر خاک در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی مرسوم بیشتراز خاک‌ورزی حفاظتی تخمین زده شد. (Williams Froud et al., 1988) علت کاهش جمعیت علف‌های‌هرز پهن‌برگ دولپه را در سامانه بی‌خاک‌ورزی و کم-خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، عدم انجام شخم کامل و حضور کاه و کلش گزارش کردند. علف‌های‌هرز پهن‌برگ با توجه به شکل برگ‌شان در خروج از زیر کاه و کلش با مشکلات بیشتری نسبت به باریک‌برگ‌ها مواجه بوده و لذا در سیستم‌های حفاظتی تراکم کمتری خواهند داشت.

جدول ٤- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ (مترمربع) به تفکیک گونه‌ها

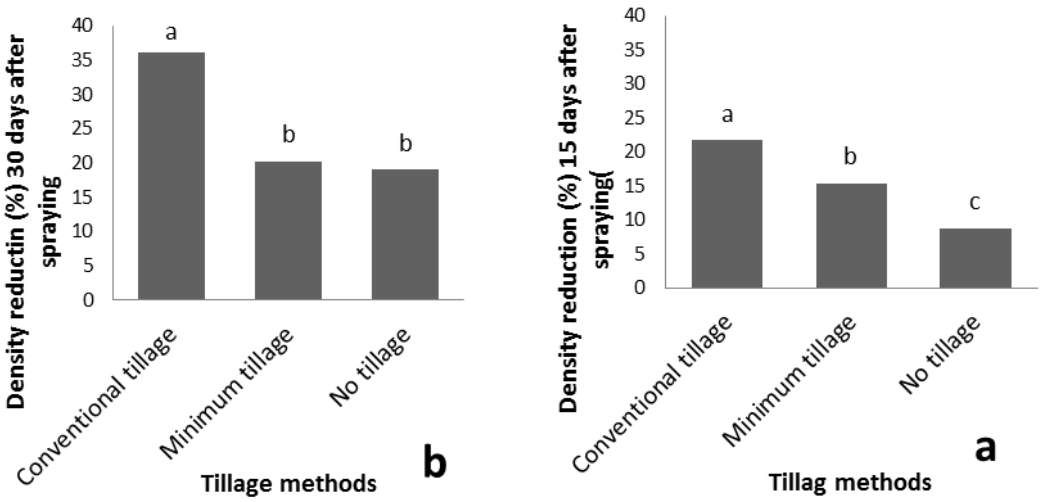
Table 4- Mean comparisons of broadleaf weeds density (square meters) separated by species

	بی خاک‌ورزی No tillage			کم خاک‌ورزی Minimum tillage			خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage		
نام علف‌هرز Weed name	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying	اولیه (قبل سمپاشی) Primary (Before spraying)	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	۳۰ روز پس از سمپاشی 30 days after spraying
سلمک *Chenopodium album* L.	1.95[b]	1.75[b]	1.5[b]	4.02[a]	4[a]	3.7[a]	5.1[a]	4.55[a]	4[a]
تلخه بیان *Acroptilon repens* D.C.	1.35[a]	1.55[a]	1.5[a]	2.3[a]	1.75[a]	1.55[a]	2.75[a]	2.35[a]	2.25[a]
خارشتر *Alhagi alhagi* Fisch.	1.5[b]	1.4[b]	1.4[b]	0.65[b]	0.55[b]	0.55[b]	6.35[a]	4.4[a]	2.4[a]
تاج خروس *Amaranthus* sp.	1.5[a]	1.05[a]	0.7[a]	2.3[a]	1.55[a]	1.6[a]	4.05[a]	3.00[a]	2.99[a]

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

تفاوت در فلور علف‌های‌هرز موجود در سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی را تأیید کردند و بیان داشتند علف‌هرز سلمه تره، تاج خروس و پیچک (*Convolvulus sepium* L.) در خاک‌ورزی مرسوم نسبت به بی‌خاک‌ورزی و علف‌های‌هرز باریک‌برگ در روش بدون خاک‌ورزی بیشتر مشاهده شد. بیشترین درصد کاهش تراکم علف‌های هرز پهن‌برگ در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد، با وجود این‌که تراکم اولیه این علف‌های‌هرزدر خاکورزی مرسوم بیشتر از کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بود (جدول۳)، اما کاهش تراکم آن‌ها در کشت مرسوم بیشتر بود (شکل ۳). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2009) نیز در بررسی تأثیر روش‌های مدیریتی مختلف بر تراکم، ترکیب و تنوع علف‌های‌هرز مزرعه ذرت دریافتند که کمترین تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز در سیستم شخم مرسوم به دست آمد. آن‌ها دلیل این امر را دفن علف‌های‌هرز و نابودی مریستم‌های حساس آن‌ها توسط شخم سنگین دانستند. البته در مطالعه این محققین، بخش عمده ترکیب علف‌های‌هرز متعلق به گونه‌های پهن‌برگ بود و لذا کنترل عمومی علف‌های‌هرز در سیستم خاک‌ورزی مرسوم در مقایسه با سیستم‌های حفاظتی بیشتر برآورد شد.



شکل۳- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ در ۱۵روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 3- Effect of different tillage methods on weed density in a broadleaf leaves at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ به تفکیک گونه تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز در جدول ۴ مشاهده می‌شود. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز سلمک، تلخه بیان و خارشتر (*Alhagi alhagi* Fisch.) ۳۰ روز بعد از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه، در تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت به ترتیب ۳۸/۱۸، ۳۸/۱ و ۷۵/۹۶ درصد مشاهده شد و تیمار وجین بر خلاف تصور در رتبه بعدی قرار گرفت (جدول ۴). غلظت‌های پایین علف‌کش انوک (ده و ۱۵ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت) باعث کنترل نسبتاً مطلوب علف‌هرز سلمک شد، اما برای کنترل علف‌هرز تلخه بیان مناسب نبود. غلظت ده گرم انوک به هیچ عنوان روی علف‌هرز پهن‌برگ خارشتر تأثیر نگذاشت (جدول ۴). یکی از دلایل عدم تأثیر غلظت پایین علف‌کش انوک روی خارشتر، زمان سمپاشی بود، چون زمانی که شرایط گیاه پنبه برای استفاده از علف‌کش فراهم شد، علف‌هرز خارشتر بسیار رشد کرده و از دوره بحرانی کنترل علف‌هرز خارج شده بود. رشد زودتر علف‌هرز نسبت به محصول بهاره، توانایی علف‌هرز را برای رقابت با گیاه زراعی افزایش می‌دهد، اگر علف‌هرز در زمان مناسب کنترل نشوند، استفاده از دزهای پایین علف‌کش، تأثیر مطلوبی در کنترل علف‌هرز ندارد (Karlen et al., 1994). کاربرد با تأخیر علف‌کش موجب کاهش اثربخشی آن روی علف‌هرز می‌شود و علف‌کش‌های پس رویشی غیر مداوم در صورتی‌که در زمان مناسب استفاده نشوند نمی‌توانند اثر کافی در کنترل گیاهچه‌های علف‌هرز رشد یافته داشته باشند (Franke et al., 2001). بیشترین کاهش تراکم علف‌هرز تاج خروس به ترتیب، در تیمار وجین (۸۹/۲۷ درصد) و ۲۰ گرم انوک در هکتار (۵۱/۵۵ درصد) مشاهده شد (جدول ۵). با توجه به سایر مطالعه به نظر می‌رسد که حساسیت گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز پهن‌برگ، به کنترل آن‌ها با وجین دستی بسیار متنوع است، به طوری‌که گندمک (*Sorghum halepense* L. pers.) و سلمک در مراحل اولیه رشد به ترتیب ۴۲ و ۱۰۰ درصد به وسیله وجین دستی کنترل شدند.

مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ نشان داد که تیمار وجین بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌هرز پهن‌برگ در ۱۵ و ۳۰ روز پس از سمپاشی داشت. وجین دستی علف‌های‌هرز باعث حذف رقابت بین علف‌های‌هرز و پنبه در مراحل حساس رشدی پنبه شد و تراکم علف‌های‌هرز را در مراحل بعدی کاهش داد. بین سطوح مختلف غلظت علف‌کش، تیمار ۲۰ گرم انوک در هکتار، با ۳۷/۶۹ درصد بیشترین تأثیر را در کنترل علف‌های‌هرز بعد از گذشت ۳۰ روز از سمپاشی نسبت به تراکم اولیه علف‌های‌هرز نشان داد. کاربرد غلظت‌های بالاتر علف‌کش موجب کنترل مطلوب‌تر علف‌های‌هرز شده و تراکم آن‌ها را کاهش داد.

جدول۵- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ (در مترمربع) به تفکیک گونه تحت تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌هرز

Table 5- Mean comparisons of broad-leaf weed density (plants.m^{-2}) under different types of weed control methods separated by species

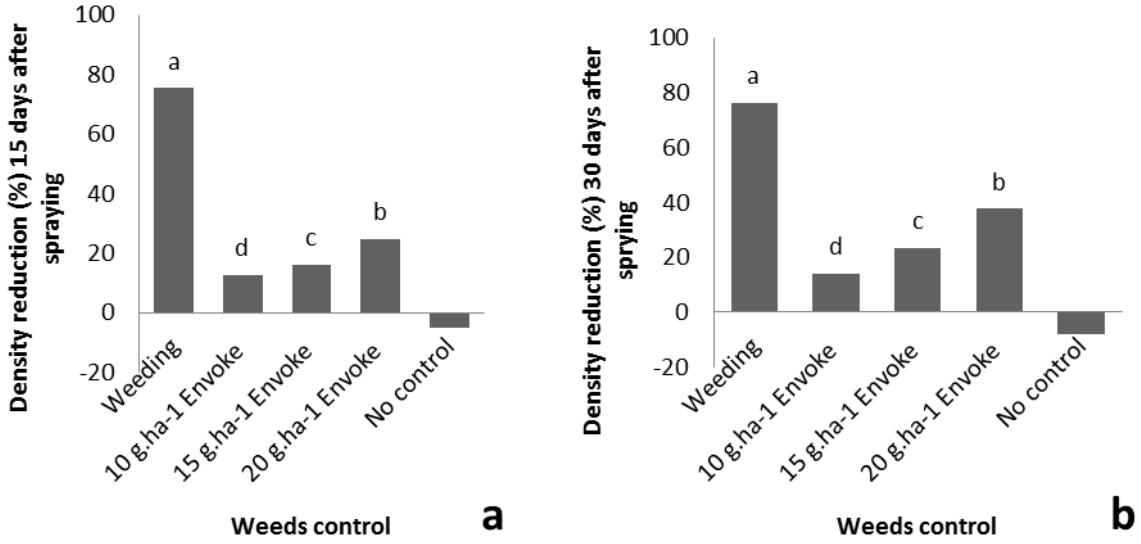
گونه علف‌هرز Weed species		۱۰ گرم در هکتار انوک 10 g.ha^{-1} Envoke	۱۵ گرم در هکتار انوک 15 g.ha^{-1} Envoke	۲۰ گرم در هکتار انوک 20 g.ha^{-1} Envoke	وجین Weeding	عدم کنترل No control
سلمک *Chenopodium album* L.	اولیه Primary	4.1^{ab}	3.33^{a}	5.16^{a}	2.66^{b}	5.33^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	4.4^{b}	2.83^{ab}	4.83^{ab}	0.583^{c}	5.66^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	3^{b}	2.33^{bc}	3.91a^{b}	0.5^{c}	5.66^{a}
تلخه بیان *Acroptilon repens* L.	اولیه Primary	2^{a}	1.83^{a}	2.33^{a}	1.58^{b}	2.91^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	1.1^{ab}	1.66^{ab}	2.08^{a}	0.66^{c}	3.8^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	1.83^{b}	1.66^{ab}	1.91^{ab}	0.16^{c}	3.25^{a}
خارشتر *Alhagi alhagi*	اولیه Primary	3.08^{a}	3.3^{ab}	2.08^{bc}	5.1^{c}	4.16^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.83^{b}	2.75^{a}	0.66^{c}	0^{c}	4.33^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	3.08^{a}	2.61^{a}	0.5^{c}	1^{c}	3.5^{a}
تاج خروس *Amaranthus* sp.	اولیه Primary	2.75^{ab}	2.83^{ab}	2.58^{ab}	2.33^{a}	4.25^{a}
	۱۵ روز پس از سمپاشی 15 days after spraying	2.083^{b}	2.25^{b}	1.58^{b}	0.75^{c}	4.75^{a}
	۳۰ روز پس ازسمپاشی 30 days after spraying	2.33^{b}	2.08^{b}	1.25^{bc}	0.25^{c}	5.85^{a}

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

عملکرد پنبه

در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی از نظر عملکرد وش، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین عملکرد مربوط به کم‌خاک‌ورزی (۷۵۵۱/۰۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن، مربوط به خاک‌ورزی مرسوم (۵۷۹۲/۱ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶). کم بودن تراکم علف‌های‌هرز در روش کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم در طی فصل رشد، کاهش رقابت و افزایش فضای مورد نیاز برای رشد گیاه زراعی پنبه، عواملی بودند که در افزایش عملکرد دو سیستم خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم مؤثر واقع شدند. رایت و همکاران (Wright et al., 2007) بیان داشتند که علت افزایش عملکرد پنبه در سیستم های کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم، رقابت کمتر علف‌های‌هرز با پنبه و قابلیت دسترسی بیشتر به فسفر و نیترات در سطح خاک می‌باشد (Wright et al., 2007).



شکل ٤- تأثیر روش‌های مختلف کنترل علف‌های‌هرز بر کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ در ۱۵ روز پس از سمپاشی (الف) و ۳۰ روز پس از سمپاشی (ب)

Fig. 4- The effect of different methods of weed control on broad leaves weed density at 15 days after spraying (a) and 30 days after spraying (b)

جدول ٦- مقایسه میانگین عملکرد پنبه تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و کنترل علف‌هرز

Table 6- Mean comparisons of cotton yield under different cultivation and weed control Methods

روش خاک‌ورزی Soil cultivation methods	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})
خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage	5792.1^{c}
بی‌خاک‌ورزی No tillage	7170.3^{b}
کم‌خاک‌ورزی Minimum tillage	7551.09^{a}
LSD (0.05)	101.96
۱۰ گرم انوک 10 g.ha^{-1} Envoke	6051.8^{d}
۱۵ گرم انوک 15 g.ha^{-1} Envoke	6982.5^{c}
۲۰ گرم انوک 20 g.ha^{-1} Envoke	7101.12^{b}
وجین Weeding	7504.98^{a}
عدم کنترل No control	5968.75^{e}
LSD (0.05)	97.57

اعدادی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

The numbers in each column that have at least one similar letter, don't have significant difference at 5% level based on FLSD test.

اثر کنترل علف‌هرز بر عملکرد پنبه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد، مربوط به تیمار وجین (۷۵۰۴/۹۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد در تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز (۵۹۶۸/۷۵ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (جدول ۶). کاهش تراکم

علف‌های‌هرز در تیمار وجین دستی، باعث کاهش رقابت بر سر آب و مواد غذایی بین علف‌هرز و گیاه پنبه شد. مطابق جدول‌های ۳ و ۵ بیشترین تراکم علف‌های‌هرز (باریک و پهن برگ) در طی فصل رشد مربوط به تیمار عدم کنترل علف‌هرز بود و تیمار عدم کنترل در مقایسه با تیمار وجین، ۲۵/۷۳ درصد کاهش عملکرد داشت. دلیل کاهش عملکرد در حضور علف‌های‌هرز مؤید آن است که با ورود علف‌های‌هرز به دلیل سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع ناشی از رقابت و به تبع آن رشد رویشی بیشتر، مواد فتوسنتزی به بخش رویشی هدایت شده، سهم بخش زایشی در چنین شرایطی کاهش خواهد یافت (Zand et al., 2007). عملکرد در دز ۲۰ گرم در هکتار انوک نسبت به تیمار عدم کنترل علف‌های‌هرز، ۱۵/۹۴درصد افزایش داشت که این افزایش عملکرد را می‌توان به ۵۰/۴۲ درصد کاهش تراکم علف‌های‌هرز با استفاده از ۲۰ گرم انوک در هکتار مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌ورزی حفاظتی (کم-خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی) نسبت به خاک‌ورزی مرسوم، به ترتیب باعث افزایش تراکم علف‌های‌هرز باریک‌برگ و کاهش تراکم علف‌های‌هرز پهن‌برگ شد. در روش بدون خاک‌ورزی علف‌های‌هرز چندساله، در روش کم‌خاک‌ورزی هم علف‌های‌هرز چندساله و هم علف‌های‌هرز یک‌ساله و در نهایت در خاک‌ورزی مرسوم بیشتر علف‌های‌هرز یک‌ساله مشاهده شد. بیشترین کاهش تراکم علف‌های‌هرز (باریک و پهن‌برگ) در مزرعه پنبه، تحت تأثیر دز ۲۰ گرم انوک در هکتار به همراه سیتوگیت در خاک‌ورزی مرسوم مشاهده شد و خاک‌ورزی حفاظتی در رتبه بعدی قرار گرفت. بیشترین عملکرد پنبه در تیمار کم‌خاک‌ورزی به همراه وجین علف‌های‌هرز مشاهده شد و روش بدون خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند.

منابع

Burke, I.C., and Wilcut, J.W. 2004. Weed management in cotton with CGA 362622, Fluometuron, and Pyrithiobac. Weed Technology 18: 268-276.

Chauhan, B.S., and Abugho, S.B. 2012. Interaction of rice residue and PRE herbicides on emergence and biomass of four weed species. Weed Technology 26: 627-632.

Franke, A.C., McRoberts, N., Marshall, G., Malik, R.K., Singh, S., and Nehra, A.S. 2001. The contribution of zero tillage for the management of *Phalaris minor* in the Indian rice- wheat system. British Crop Protection Conference Weeds 2: 901-906.

Froud-Williams, R.J. 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In: Altieri, M.A., Liebman, M. Editors. Weed management in agroecosystems. Ecological Approaches. Boca Raton, FL: CRC p. 36-213.

Jacobs, C.O., and Harrel, W.R. 1983. Agricultural power and machinery. Mc Grow Hill Book Companies. New York.

Jahani-Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. The effects of soil chemical characteristics on weed species diversity in eastern Mashhad region wheat (*Triticum aestivum* L.) fields. Journal of Agroecology 4(2): 91-103. (In Persian with English Summary)

Karlen, D.L., Varvel, G.E., Bullock, D.G., and Cruse, R.M. 1994. Crop rotations for the 21st century. Advances in Agronomy 53: 1-45.

Khorramdel, S., Koochaki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different input management on weed composition, diversity and density of corn field. Journal of Agroecology 1: 1-10. (In Persian with English Summary)

Leon Chris, T., Shaw David, R., Bruce Lori, M., and Watson, D. 2003. Effect of purple (*Cyperus rotundus*) and yellow nutsedge (*Cyprus esculentus*) on growth and reflectance characteristics of cotton and soybean. Weed Science 51: 557- 564.

Liebman, M., Drummond, F., Corson, A., and Zhang, J. 1996. Tillage and rotation crop effects on weed dynamics in potato production systems. Agronomy Journal 88: 18-26.

Madandost, M., Froharina, D., and Inaloyii, B. 2009. Conservation tillage and drip irrigation effects on water use and yield of maize in the city of Fasa. In: National Conference on Water Deficit and Drought Stress in Agronomy, Arsanjan,

Iran, 23-24 February p. 1-12. (In Persian with English Summary)

Musavi, M. 2009. The Principles and Methods of Weed Control. Marzdanesh Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

Porterfield, D., Wicut, J.W., Clewis, S.B., and Edmisten, K.L. 2002. Weed free yield response of seven cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars to CGA_{362622} post emergence. Weed Technology 16: 180-183.

Rashedmohasel, M.H., and Kuchaki, A. 2007. Principles and Operations of Dryland Farming. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Richardson, R.J., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2007. Pre emergence herbicides followed by Trifluxysulfuron post mergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.

Richardson, R.J., Wilson, H.P., Armel, G.R., and Hines, T.E. 2004. Influence of Adjuvants (surfactant) on cotton (*Gossypium hirsutum*) response to post emergence applications of CGA_{362622}. Weed Technology 18: 9-15.

Showler, A.T., and Greenberg, M.S. 2003. Effect of weed on selected arthropod herbivore and natural enemy population and yield. Environmental Entomology 32: 39-50.

Swanton, C.J., Shrestha, A., Knezevic, S.Z., Roy, R.C., and Ball-Coelho, B.R. 2000. Effect of tillage, cover crop and crop rotation on the composition of weed flora in a sandy soil. Weed Research 12: 76-87.

Tesdale, J.R., Beste, C.E., and Potts, W.E. 2003. Response of weeds to tillage and cover crops residue. Weed Science 39: 195-199.

Vencill, W.K., and Banks, P.A. 1994. Effects of tillage systems and weed management on weed population in grain sorghum. Weed Science 42: 541-547.

Wilcut, J.W., York, A.C., and Jordan, D.L. 1995. Weed management systems from oil seed crops. In: A.E. Smith, ed. Handbook of Weed Management Systems. New York: Marcel Bokker.

Wright, A.L., Hons, F.M., Lemon, R.G., McFarland, M.L., and Nichols, R.L. 2007. Stratification of nutrients in soil for different tillage regimes and cotton rotations. Soil and Tillage Research 96: 19-27.

Zand, A., Musavi, K., and Heydari, A. 2007. Herbicides and Their Application Methods. Jihad-e-Daneshgahi Publications of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 267

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۷

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils

S. Homayoun[1], A. Lakzian[2*], G.H. Haghnia[3] and R. Khorassani[4]

Submitted: 22-12-2010
Accepted: 07-04-2012

Keywords: Bacterial inoculation, K/Na ratio, Salt tolerance

Introduction

Soil salinity is one of the major agricultural problems and it is limiting crop productivity in many parts of the cultivated areas all over the world. Saline soils are differentiated by the presence of great ratios of Na/Ca, Na/K, Ca^{2+}, Mg^{2+}, and Cl/NO_3 (Gratan & Catherine, 1993) and high levels of neutral salts in the surface layers, which are resulting from the capillary action (Al-Falih, 2002). Osmotic stress occurs when soluble salts increase in the soils and then results in specific ion toxicity (Agarwal & Ahmad, 2010). Therefore, one of the most important side effects of salinity is nutritional disorders. High concentration of NaCl in the root medium usually reduces nutrients uptake and affects the transportation of potassium and calcium ions in plant. (Gratan & Catherine, 1993) reported that the salinity of soils changes ionic strength of the substrate and it can influence mineral nutrient uptake and translocation. Salinity also changes the mineral nutrient availability and disrupts the mineral relations of plants. Hence, the main purpose of this research is to evaluate the effects of rhizobial bacteria inoculation on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils.

Material and methods

Soil sample was collected from Astan Ghodse Razavi farm, Mashhad Iran, and then was dried and passed through a 12-mesh (approximately 2 mm) screen. Soil sample was divided into three parts and then was placed into three containers. Each container was watered by a different proportion of saline water (EC= 10 $dS.m^{-1}$). Salinity of soils was regularly monitored until three salinities (2, 6 and 10 $dS.m^{-1}$) came out. Then, a completely randomized design with a factorial arrangement was carried out in a greenhouse condition. The experimental factors included four levels of inoculation (*Sinorhizobium meliloti*, *Bradyrhizobium japonicum* and *Rhizobium leguminosarum* and control) and three levels of soil salinity (2, 6 and 10 $dS.m^{-1}$) with three replications. Wheat seeds were sterilized in 5% sodium hypochlorite for 2-3 minutes and were washed several times and then were germinated and seedlings were inoculated with bacterial strains. Inoculated wheat seedlings were grown in 1 kg pots. Wheat seedling was watered with sterilized water for one month and was harvested for chemical analysis. Potassium and sodium concentrations in plant tissues were determined by flame photometer and calcium concentration was measured by using Atomic absorption spectroscopy (AAS).

Results and discussion

The results showed that the root and shoot dried weight, K and Ca concentrations and K/Na ratio in wheat shoot were significantly decreased with increasing soil salinity. The lowest shoot and root dry weight were observed in high level of salinity (10 $dS.m^{-1}$). Inoculation of wheat seedlings with rhizobial bacteria had a positive effect on shoot and root dry weight. The highest shoot and root dry weight were obtained when wheat seedlings were inoculated with *Sinorhizobium meliloti* in non-saline soil treatment (2 $dS.m^{-1}$). Calcium concentration increased significantly in all levels of salinity when wheat seedlings were inoculated with *Rhizobium leguminosarum*. Among all tested strains, *Rhizobium leguminosarum* had a prominent effect on growth of wheat seedlings. With increasing soil salinity, the concentration of sodium increased in shoot and root tissues and K/Na ratio declined dramatically. The lowest K/Na ratio was found in the highest level of salinity (10 $dS.m^{-1}$). On contrast, the K/Na ratio in wheat shoot was amplified when wheat seedlings were inoculated with rhizobial strains. The highest K/Na ratio was observed in Rhizobium leguminosarum treatment. There are data that show that wheat cultivars having greater leaf K:Na, K ion flux, and growth improve under saline conditions

1, 2, 3 and 4- MSc Student, Associated Professor, Professor and Assistant Professor of Soil Science Department, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: alakzian@yahoo.com)

(Mayak et al., 2004; Morant Manceau et al., 2004; Yao, 2010). It seems that *Rhizobium leguminosarum* reduced the detrimental effect of salinity to some extent.

Acknowledgements

This research was partially supported by vice president for research and technology of Ferdowsi University of Mashhad. We thank our colleagues who provided insight and expertise that greatly assisted the research, although they may not agree with all of the interpretations or conclusions of this paper.

References

Agarwal, S., and Ahmad, Z. 2010. Contribution of the *rhizobium* inoculation on plant growth and productivity of two cultivars of Bersem (*Trifolium alexandrinum* L.) in saline soil. Asian Journal of Plant Sciences 9(6): 34-350.

Al-Falih, A.M.K. 2002. Factors affecting the efficiency of symbiotic nitrogen fixation by *rhizobium*. Pakistan Journal of Biological Sciences 5(1): 127-1293.

Gratan, S.R., Catherine, M., and Grieve, C.M. 1993. Mineral nutrient acquisiton and response by plants grown insaline environments, Handbok of Plant and Crop Stress, Marcel Deker Inc, New York pp. 203-226.

Mayak, S., Tirosh, T., and Glick, B. 2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry 42: 565-572.

Morant Manceau, A., Pradier, E., and Tremblin, G. 2004. Osmotic adjustment, gas exchanges and chlorophyll fluorescence of a hexaploid triticale and its parental species under salt stress. Journal of Plant Physiology 161: 25-33.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., and Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by Pseudomonas putida Rs-198 on cotton. European Journal of Soil Biology 46: 49-54.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 269

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۶۹

Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker)

S.M. Seyyedi[1], P. Rezvani Moghaddadm[2*], R. Shahriari[1] and M. Azad[1]

Submitted: 29-05-2011
Accepted: 03-01-2012

Keywords: Allelochemicals, Decay durations, Leaf, Parasitic weed, Root, Stem

Introduction

Dodder (*Cascuta campestris* Yuncker) is an annual parasitic plant from the Convolvulaceae family (Mishra et al., 2007). It wraps around many adjacent dicot and a few monocot plants, penetrates in their vascular tissue and exploits photosynthates, nutrients and water (Lanini & Kogan, 2005). Consequently, the growth, vigor and production of the host plant will be severely reduced (Nadler-Hasasr & Rubin, 2003). Dodder is not able to complete its cycle, if it is not attached to a host. Therefore, it is entirely dependent on its host for supplying water, assimilates and minerals (Mishra et al., 2007).

Considering the nature of dodder habit, it is rarely possible to completely control dodder by using different chemical herbicides (Lanini & Kogan, 2005). In addition, because of increasing the environmental concerns caused by applying synthetic herbicides, there is considerable attention to alternative strategies for weeds management (Batish et al., 2002; Bowmik & Inderjit, 2003).

In recent years, allelopathic plants, an alternative strategy for weed management, have received massive attention (Narwal, 2010; Jamil et al., 2009). Due to the importance of dodder as a parasitic weed, this research was conducted with the purpose of studying the allelopathic effects of aqueous extracts and decay durations of caster bean (*Ricinus communis* L.) organs on germination and emergence of dodder.

Materials and methods

The current study was conducted based on three separate experiments using a completely randomized design (CRD) with factorial arrangement with three replications. The first experiment was conducted in petri dishes and consisted of caster bean organs at four levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations at 11 levels (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10%). The second experiment was conducted in pots and factors were caster bean organs at 4 levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and their aqueous extract concentrations in 5 levels (0, 2.5, 5, 7.5 and 10%). The third experiment was conducted with caster bean organs at 4 levels (root, stem, leaf and total plant without inflorescence) and decay durations at 8 levels (0, 15, 30, 45, 60, 75 and 90 days of decay and control).

All experimental data were analyzed by ANOVA and the means were separated by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and discussion

The results of the first and the second experiment showed that aqueous extract of caster bean organs has a significant effect on dry weight, length of seedling and germination of dodder. From the third experiment, decay duration had a significant effect on the mentioned traits. Leaf aqueous extract in comparison with other organs had the most effect on the studied traits. The complete suppression of emergence was observed in 0, 15, 30 and 45 days of decay by using caster bean leaves.

In conclusion, caster bean residues showed great potential for reducing germination and growth of dodder.

1 and 2- MSc Student and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Therefore, allelopatic potential of caster bean can be considered as a sustainable approach in integrated dodder management systems. In the future, the effective concentrations of aqueous extracts of caster bean organs may be useful as sources for producing biological herbicides.

References

Batish, D.R., Tung, P., Singh, H.P., and Kohli, R.K. 2002. Phytotoxicity of sunflower residues against some summer season crops. Journal of Agronomy and Crop Science 188: 19-24.

Bhowmik, P.C., and Inderjit, I. 2003. Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. Crop Protection 22: 661-671.

Jamil, M., Cheema, Z.A., Mushtaq, M.N., Farooq, M., and Cheema, M.A. 2009. Alternative control of wild oat and canary grass in wheat fields by allelopathic plant water extracts. Agronomy for Sustainable Development 29: 475-482.

Lanini, W.T., and Kogan, M. 2005. Biology and management of *Cucuta* in crops. Ciencia e Investigación Agraria 32: 165-179.

Mishra, J.S., Moorthy, B.T.S., Bhan, M., and Yaduraju, N.T. 2007. Relative tolerance of rainy season crops to field dodder (*Cuscuta campestris*) and its management in niger (*Guizotia abyssinica*). Crop Protection 26: 625-629.

Nadler-Hassar, T., and Rubin, B. 2003. Natural tolerance of *Cuscuta campestris* to herbicides inhibiting amino acid biosyntesis. Weed Research 43: 341-347.

Narwal, S.S. 2010. Allelopathy in ecological sustainable organic agriculture. Allelopathy Journal 25: 51-72.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 271

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۱

The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.)

A. Koocheki[1*], A. Ruhi[2] and F. Nurbakhsh[3]

Submitted: 23-10-2012
Accepted: 13-03-2013

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter*, Nitroxin**,** Phosphate Solubilizing Bacteria

Introduction

Canola is the world third oil crop with 25 to 55 percent oil content (Hezbavi & Minaei, 2008). In recent years, tendency towards expansion of the acreage of canola in Iran has been increasing and for the years 2010-2011 an area of 93000 ha with a total production of 190000 tons has been reported (Ministry of Jihad of Agriculture, 2013). Application of biological fertilizers which are environmentally friendly agents have been reported to enhance yield and quality of different crops (Shoghi Kalkhoran et al., 2012; Afrasiabi et al., 2011). The purpose of the present study was to investigate the effects of biological fertilizers on quantitative and quality criteria of canola.

Material and methods

For this study, a factorial arrangement based on randomized complete block design and three replicates was used. The experimental treatments were three canola cultivars namely okapi, zarfam and modena which was combined with four levels of biological fertilizers: Nitroxin, Phosphat solubilizing bacteria (PSB), Nitroxin+PSB and a control. Seeds were planted in plots of 2×3 m^2. All field managements were carried out based on conventional practices. The measured criteria were plant height, number of pods per plant, 1000- seed weight, biomass yield, harvest index, oil content and yield.

Results and discussion

The results showed that in all studied criteria except 1000- seed weight there were significant differences between cultivars. Different fertilizer treatments had a significant effect on all criteria except 1000- seed weight and HI. Modena cultivar had the highest oil yield and quantitative characteristics. Composition of phosphate solubilizing bacteria+nitroxin also had the highest oil yield and quantitative characteristics. The interactions between biofertilizer treatments and cultivars in all criteria were not significant. The result of this experiment indicated the effectiveness of use of biofertilizers.

References

Afrasiabi, M., Amini Dehaghi, M., and Modarres Sanavy, A.M. 2011. Effect of phosphate biofertilizer Barvar- 2 and triple super phosphate fertilizer on yield, quality and nutrient uptake of *Medicago scutellata* cv. Robinson. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture) 4: 43-54. (In Persian with English Summary)

Hezbavi, E., and Minaei, S. 2008. Determination and investigation of some physical properties of seven variety rapeseed. Food Science and Technology Research Journal 5: 21-28. (In Persian with English Summary)

Ministry of Jihad-e-Agriculture. 2013. Available at Web site http://www.maj.ir/portal/Home/Default.aspx?CategoryID=20ad5e49-c727-4bc9-9254-de648a5f4d52 (verified 12 march 2013)

Shoghi Kalkhoran, S., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2012. Effects of biofertilizer and green manure (winter wheat) in combination with integrated nitrogen sources (chemical-farmyard manure) on quantitative and qualitative characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Environmental Sciences 3: 35-52. (In Persian with English Summary)

1, 2 and 3- Professor, MSc Student and PhD Student in Agroecology, Department of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 272

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۲

The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions

E. Gholami Sharafkhane[1], M. Jahan[2], M. Banayan Avval[3], A. Koocheki[4] and P. Rezvani Moghaddam[4]

Submitted: 06-05-2013
Accepted: 13-05-2014

Keywords: Cattle manure, Dry matter yield, Low input system, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR), Vermicompost

Introduction

Savory (*Satureja hortensis* L.) is an annual herbaceous plant that belongs to the Lamiaceae family. Nowadays, the use of biofertilizers is increased in agriculture and their role in increasing the crops production has been demonstrated in many research works (Vessey, 2003; Chen, 2006; Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). One of the most important visions is sustainable production of enough food plus paying attention to social, economical and environmental aspects. (Gliessman, 1998) stated that the first step to achieve this goal is optimization and improvement of resources use efficiencies.

Considering medicinal importance of savory and its role in the food and pharmaceutical industries (Omidbeigi, 2000), beside the limited nutrient resources and need to increase healthy production through using ecological inputs, this study was designed and conducted aimed to evaluate agroecological characteristics of savory as affected by the application of biofertilizers, chemical and organic fertilizers under Mashhad conditions.

Materials and methods

In order to study the effects of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of summer savory, a split-plot design based on RCBD with three replications was conducted during the growing season of 2012 at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Different levels of cattle manure (0 and 25 $t.ha^{-1}$) were assigned to the main plots and different types of bio fertilizers (Nitroxin, containing *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp., Biophosphor, containing phosphate-solubilizing bacteria (*Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp.), Biosulfur, containing sulfur-solubilizing bacteria (*Thiobacillus* ssp.), combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur), vermicompost (7 $t.ha^{-1}$), chemical fertilizers (NPK: 60, 60 and 70 $kg.ha^{-1}$) and control (no fertilizer) were used in the sub-plots.

Results and discussion

According to the results, all studied characteristics including plant height, lateral branches, flowering shoot yield, stem yield, percentage of essential oil and dry matter yield were affected positively by cattle manure. The highest plant height and number of lateral branches resulted from vermicompost and combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur, respectively. Biosulfur fertilizer produced the highest dry matter yield, flowering shoot yield and stem yield. Percentage of essential oil was also significantly affected by fertilizer treatments as the most percentage of essential oil was obtained from Nitroxin, vermicompost and combination of Nitroxin+Biophosphor+Biosulfur. A positive and strong correlation was observed between dry mater yield and flowering shoot yield and stem yield, respectively.

Conclusion

The results indicated that application of organic and inoculation of biological fertilizers have positive effects on improvement of qualitative and quantitative traits of summer savory, so it could be considered as an

1, 2, 3, and 4- MSc Student of Agroecology, Assistant Professor, Associate Professor, Professor and Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gholamisharafkhane.eghsh@gmail.com)

alternative method for healthy production of summer savory.

Acknowledgements

The expenses for this research were funded by the Research and Technology Deputy of the Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of agriculture. The financial support is appreciated.

References

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October 16-20. Thailand. 11 pp.

Gliessman, S.R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press. ISBN: 1-57504-043-3

Mahfouz, S.A., Sharaf- Eldin, A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Agrophysics Journal 21: 361-366.

Omidbeigi, R. 2000. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. vol. (3). Beh Nashr Publisher, Mashhad. (In Persian)

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 274

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۴

Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province

K. Majd Salimi[1*], E. Amiri[2] and S. Shaigan[3]

Submitted: 27-04-2013
Accepted: 22-06-2014

Keywords: Rainfed field, Sprinkler, Supplemental irrigation, Tea yieldirrigation, Water use efficiency

Introduction

Tea leaves harvesting practically starts from April to November in two provinces (Guilan & Mazandaran), due to being located in rain fed and mountainous areas. In unirrigated fields during a drought season, the yield quality was reduced at the middle of growth periods (Majd Salimi & Mirlatifi, 2008). Therefore, to avoid the loss, improve the quality and increase yield, tea bushes needed supplemental irrigation during a drought season (Stephens & Carr, 1991a). According to reported research works in different tea cultivating countries, water use efficiency of produced tea was between 1.5-9 $kg.ha^{-1}.mm^{-3}$ of used water. This variation practically depends on the type of irrigation system, amount of rain and irrigation, clone type, fertilizer amount and type, season, climatic conditions, field management, age of bushes as well as harvesting (Carr, 2010 a,b; Stephens & Carr, 1991 a,b). There is no report to indicate water use efficiency in tea fields in farmers management conditions .The results of some research works on optimal use of water and fertilizer showed that water use efficiency in rain fed (non irrigated) case was between 2.1-6.7 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ of used water (rain) and in complete irrigation condition it was between 4.6-8.7 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ of used water (rain and irrigation water). According to the results, water use efficiency variation depends on climatic condition (high temperature and air humidity deficit), applied nitrogen fertilizer and interval of irrigation (Majd Salami et al., 2011; Majd Salami, 2012). This investigation was conducted to ascertain yield quality, used water, irrigation use efficiency and water use efficiency in tea fields in the Guilan province and to analyze field management, harvest and effective irrigation variation factors on this index in farmers management conditions.

Material and methods

The rate of water productivity (WP) was assessed in six irrigated tea fields and three rain fed (non irrigated) cases in farmers management method for two years (2009-2010). During the growing season, yield quality of each field in successive harvests, including soil moisture were assessed with the help of gravimetric soil method and water balance equation. Volume of water entered the irrigation system and amount of water reached to surface level were measured. The amount of rainfall was measured using rain gauge installed at the site. The United State Department of Agriculture (USDA) method was used to measure the effective rainfall. During the growing season, soil moisture balance equation and soil moisture monitoring and measurement were conducted in all selected fields, with the help of sampling weights method (average of weight in three depths of root). For selected tea fields in rainfed conditions (WS, CN and EM), production per unit of effective rainfall or water productivity due to effective rainfall (WPp) and gross irrigation water consumption productivity and actual water consumption productivity (evapotranspiration) in irrigated tea fields (WA, WB, CG, CK, EP & ED) were determined. Also, water irrigation productivity (IWP) in irrigated tea fields was calculated.

Result and discussion

The mean quantities of made tea in irrigated and rainfed cases were 2843 and 1095 kg ha^{-1}, respectively. Average of gross irrigation and effective rainfall (WP) and irrigation water productivity (IWP) in the irrigated fields were 4.39 and 4.55 kg. (made tea) $ha^{-1}.mm^{-1}$ and average of net WP (actual evaportanspiration) and net IWP was 5.18 and 6.61 $kg.ha^{-1}.mm^{-1}$, respectively. Average WP in rainfed tea fields was 3.4 $kg.ha^{-1}$ for each mm

1, 2 and 3- Researcher, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, Associate Professor, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Lahijan Branch and Researcher, Technology and Engineering Department of Tea Research Institute, respectively.
(*- Corresponding author Email: k_majdsalimi@yahoo.com)

of effective rainfall. The most effective factors on WP reduction in tea fields were improper harvesting operations (non-standard plucking) and economic problems. Moreover, improper operation and maintenance and old irrigation systems and unprincipled irrigation scheduling in irrigated tea fields were also effective on WP reduction. Comparing the results of this study with other studies in the past showed that implementing the proper methods in irrigation management and appropriate agricultural practices can improve water productivity in tea fields.

References

Carr, M.K.V. 2010a. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 1. water relations. Experimental Agriculture 46(3): 327-349.

Carr, M.K.V. 2010b. The role of water in the growth of the tea (*Camellia sinensis* L.) crop: a synthesis of research in eastern Africa. 2. water productivity. Experimental Agriculture 46 (3): 351-379.

Majd Salimi, K. 2012. Interaction of irrigation levels and amounts of nitrogen fertilizer on yield and quality of tea green leaf. Final Report. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tea Research Institute of Iran 133 pp. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., Salvatian, S.B., and Rezaeii, M. 2011. Effects of sprinkler irrigation intervals on yield and water use efficiency of tea fields in Giulan Province, Iran, Journal of Water and Soil 24(6): 1129-1141. (In Persian with English Summary)

Majd Salimi, K., and Mirlatifi, S.M. 2008. Tea (*Camellia* sinensis L.) yield response to irrigation and nitrogen fertilizer applications, Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Water and Soil Science 12(44): 39-50. (In Persian with English Summary)

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991a. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. I. Yield. Experimental Agriculture 27: 177-191.

Stephens, W., and Carr, M.K.V. 1991b. Responses of tea (*Camellia sinensis*) to irrigation and fertilizer. II. Water use. Experimental Agriculture 27: 193-210.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 276

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۶

Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf-Rood basin in Mashhad)

H. Aghasafari[1*] and M. Ghorbani[2]

Submitted: 08-03-2014
Accepted: 19-05-2015

Keywords: Contingent valuation, Farmers financial participation, Polluted water, Tobit model

Introduction

Agricultural development in response to the growing demand for food is inevitable. Besides that, undesirable implications occur for human life and the environment that are requirements for problem- solving and change. Pollution of surface waters and ground waters includes the most important undesirable implications for agricultural development (Ongley, 2003). Chemical pesticides and fertilizers consist about 15 percent of water pollution. Chemical pesticides directly affect water quality. But chemical fertilizers affect water quality when large quantities of them enter the soil, so that its surplus enters rivers and lakes by outlet water and drainage and by providing food for algae causes their rapid growth. These materials consume the oxygen of water and cause the death of aquatic organisms (Ali Hosseini, 2011). Also, shedding liquids such as urban sewage, industrial sewage and domestic sewage on agricultural land particularly and the legal or illegal excretion of them in the water resources and failure or overflow of the sewage system cause water pollution. Since farmers are partners in the creation of water pollution, to reduce the environmental undesirable effects of polluted water we should examine farmers' behavior, until finally we become able to modify or reduce the undesirable environmental effects. For this reason, this study tried to examine farmers' financial participation to specifically reduce the undesirable environmental effects of polluted water in Kashaf- Rood basin .

Materials and methods

In order to examine farmers' financial participation (willingness to pay), the Contingent Valuation approach was used. In this approach, willingness to pay (WTP) to maintain the present situation and to make positive changes in the environment and willingness to accept (WTA) to compensate loss of profit or increase a loss of Environment (Pearce & Turner, 1990) were examined. In this study, for extracting the value of the goods or service in the contingent valuation approach, Open End technique was used, because the farmers who were questioned, were aware of the undesirable environmental effects of polluted water and the cost of reducing these effects. Tobit model by Heckman's two stages was the model used in this study. Failure of Logit and Robit models in the distinction between the factors affecting the decision and the factors affecting the level of activity were the main reasons for using this model (Darijani, 1999; Tobin, 1958). To achieve the desired sample proportion with the study objectives, simple random sampling was used, because of the homogeneity of the studied population. To determine the number of samples the Cochrane relationship and so were used. 100 questionnaires were collected from farmers of Kashaf- Rood Basin in the city of Mashhad in 2014. For estimation of Tobit model Shazam software version 11 was used.

Results and discussion

The results showed that variables of age, farmers agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf-Rood river index, total amount of annual consumption of chemical pesticides and variables of sex, total cultivated land area, farmers agreement with benefits of preventing soil washing index, farmers agreement with desirable quality of available soil and water index and farmers agreement with investments to protect the soil and water index, experience in the use of soil and water conservation practices had significant positive and negative

1 and 2- Msc Student and Professor of Agricultural Economics Department of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: h.aghasafari@yahoo.com)

impacts on farmers' decisions to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water, respectively. Also, variables of age, type of agricultural activity, crops under cultivation, the total amount of annual chemical fertilizer consumption per year, the total amount of annual chemical pesticides consumption, farmers agreement with rural and urban sewage inflow into Kashaf- Rood river index and variables of net savings of agriculture, land ownership status, experience in the use of soil and water conservation practices, total cultivated land area, farmers agreement with desirable quality of available soil and water index, and sex had significant positive and negative impacts on the amount of farmers' financial participation to reduce the undesirable environmental effects of polluted water, respectively. The results indicated that the maximum amount of farmers' financial participation for reducing the undesirable environmental effects of polluted water per hectare in five scenarios were 134500, 179500, 225500, 271000 and 354500 rials, respectively.

References

Ongley, E. 2003. Control of water pollution from agriculture. FAO Irrigation and Drainage 55: 101 pp.

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economics of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Ali Hosseini, M. 2011. The risks posed by pesticides and fertilizers. Geomorphology Page. Available at Web site http://geologist63.blogfa.com.

Darijani, A. 1999. A survey of depositors' view and factors affecting the amount of household bank deposits. MSc Dissertation, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Pearce, D., and Turner, R.K. 1990. Economic of Natural Resources and the Environment. Johns Hopkins University, Baltimore.

Tobin, J. 1958. Estimation of relationships for limited dependent variables. Econometrica 26: 29-36.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 278

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۷۸

Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.)

A. Gholami[1*], I. Akbari[2] and H. Abbasdokht[1]

Submitted: 17-05-2014
Accepted: 24-08-2014

Keywords: Anethol, Bio fertilizer, Essence, Fennel, Organic manure

Introduction

Today, economic and environmental losses due to excessive use of chemical fertilizers in agriculture are well known. Obviously, a good alternative should be considered for this type of fertilizer. The objectives of sustainable agriculture are, by reducing off-farm inputs such as chemical fertilizers, to increase the nutrient cycle and the use of biological and organic fertilizers to increase agricultural yields. Studies on medicinal plants indicate that the use of sustainable farming systems provide the best conditions for the production of these plants. Biofertilizers are populations of beneficial soil organisms, or one or more of their metabolic products. Mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid are samples of biological and organic fertilizer that can be used, to eliminate or substantially reduce the use of chemical inputs in order to increase the quantity, quality and stability of the products. Mycorrhizal fungi is one of the most important rhizosphere microorganisms which has symbiotic relation with root of most crops. Mycorrhizal symbiosis improves the soil physical quality (through expansion of hyphae of fungus), chemical (through increased absorption of nutrients) and biological (the soil food web). This fungus increased nutrient uptake, such as phosphorus and some micronutrients, water uptake, reduces the negative effects of environmental stress, increases resistance to pathogens and improves the quality of their host plants (Ardakani et al., 2000; Gupta et al., 2002; Kapoor et al., 2004). Vermicompost is the production process of a certain species of earthworms to convert organic materials. Vermicompost contains absorbable nutrients that are available for plants. Humic acid is a completely natural organic matter produced from the final decomposition of soil organic matter by microorganisms. Humic acid stimulates the growth of the aerial parts and plants (Arancon et al., 2004; Atiyeh et al., 2002; Darzi et al., 2008; Ayas & Gulser, 2005; Rezvani Moghaddam et al., 2009).

Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) is one of the most important medicinal plants. As the essential oil from the seeds is used in a variety of industries, pharmaceutical, food and cosmetics , Anethole is an important component of the essential oil of fennel seed. The aim of this study was evaluation of the effects of bio (mycorrhiza) and organic fertilizers (vermicompost and humic acid) on growth characteristics and the yield of fennel.

Materials and methods

This experiment was conducted as a factorial-based on a randomized complete block design in order to evaluate the effects of vermicompost application, humic acid and mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative aspects of fennel yield at the experimental farm of Shahrood University during the growing season of 2012-2013. This experiment includes 12 treatments and 3 replications. Vermicompost levels include: v_1 (no application) v_2 (4 $t.ha^{-1}$) v_3 (8 $t.ha^{-1}$). Mycorrhizal fungi includes: m_1 (no inoculation) and m_2 (inoculation) and humic acid includes: h_1 (no application) and h_2 (application). Each plot had 5 rows which were considered with row spacing of 50 cm and row length of 5 m . Mycorrhizal fungi were added to the soil under each seed rows with amounts of 10 grams. Humic acid was sprayed in 3 stages (vegetative, reproductive and seed filling stage) according to the recommended dose (200 mg per liter). Sampling and measuring of traits were done at the end of the season and after removal of border rows. A 50 gram grain sample of each plot was milled and then essence was collected with Clevenger for three hours using water distillation. Percent of fungal colonization was obtained with Gridline Intersect Method. Finally, for analysis of data and drawing shapes, Mstat-C software and Microsoft Excel were used. Comparison of the least significant difference test (LSD) was conducted at the 5% level.

1 and 2- Associated professor and Post Graduate (MSc) agricultural college, Shahrood University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ahgholami@yahoo.com)

Results and discussion

In this study, plant height, umbels per plant, seed weight per plant, seed and biological yield were significantly affected by the main effects of mycorrhiza, vermicompost and humic acid. The interaction effect of three factors on plant height was significant. The result showed that the highest plant height was obtained with application of 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhizal inoculation and humic acid application. The effects of mycorrhiza, vermicompost and their interaction with the number of seed per umbel were significant. The effects of vermicompost, humic acid and combination effects of mycorrhiza and vermicompost on 1000- seed weight were significant. The interaction effects of vermicompost and mycorrhiza on seed yield were significant. So, mycorrhizal inoculation and 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost application increased about 45% of seed yield over the control plots. The highest value of biological yield was recorded from combination of all factors. So, mycorrhizal inoculation with humic acid and 8 $t.ha^{-1}$ vermicompost application produced 4823 $kg.ha^{-1}$ biological yield compared with the control plots (2463 $kg.ha^{-1}$).

References

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzer, J.D. 2004. Influence of vermicomposts on field strawberries: effect on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Ardakani, M.R., Mazaheri, D., Majd, F., and Noor Mohamadi, G.H. 2000. Evaluation of mycorrhizal efficiency on different level of phosphorus and application effects on some wheat traits. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 17-27. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth Bioresource Technology 84: 7-14.

Ayas, H., and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of Biological Sciences 5(6): 801-804.

Darzi, M., Ghalavand, A., and Rajali, F. 2008. Effects of mycorrhiza, vermicompost and bio- phosphate on flowering, biological yield and root symbiosis on *Foeniculum vulgare*. Journal of Iranian Agronomic Research 2: 88-109 (In Persian with English Summary)

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M., and kumar, S. 2002. Effect of the vesicular- *arbuscular* mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81: 77-79.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Rezvani Moghaddam, P., Bakhshaee, S., Ghafori, A., and Khoramdel, S. 2009. Effects of biological fertilizer and vermicompost on qualitative traits of *Satureja hortensis.* National Conference of Industrial Development Related to Medicinal Plants Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Sabzevari, S., and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat: var. Pishtaz. Agricultural Ecology 1: 53-63 (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۰

Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city)

M. Rashid Sorkh Abadi[1*], A. Shahidi[2] and A. Khashei Siuki[2]

Submitted: 24-06-2014
Accepted: 27-01-2015

Keywords: Agroecosystem, Expert Choice, Geostatistical, GIS, Zoning

Introduction

Amongst effective factors in agricultural crops production, climatic condition is important from the view of environmental variables (Seidy Shahivandy et al., 2013). On the other hand, the basic in agricultural development is having detailed knowledge of the environmental characteristics in any place and applying specific management. Saffron as the world's most valuable agricultural and medicinal product is among the plants that has acquired a significant role in the economic and social conditions of arid and semi-arid areas of Southern and Central Khorasan and identifying fit regions for its cultivation around the country will provide the context for necessary planning about its development (Farajzade & Myrzabayati, 2007). According to the influence of various environmental factors on the growth and function of saffron, the process of assessing land ratio for its cultivation needs using detailed and various spatial and descriptive information. Geographical information systems have provided the opportunity to use this kind of data and have facilitated the spatial analysis of information based on intended models (Jafarbeyglu & Mobaraky, 2008).

Thereafter, this study was conducted with the purpose of evaluation of climatic conditions for saffron cultivation in the city of Torbate Heidariyeh.

Materials and methods

For this reason, climatic data of 10 meteorological stations in the province for a period of 10 years (2000-2010) was selected and with the help of Arc GIS software environment, the modeling and spatial analysis of information was conducted. By using suitable climatic conditions in different growth stages of saffron, information layers were classified and the value of the maps was determined. Finally, for integrating information layers, multi-criteria decision-making methods were used based on the Analytic Hierarchy Process (AHP). A climatic potential map of saffron cultivation in the city of Torbate Hyidariyeh was prepared.

Results and discussion

The results of the study showed that the effects of rainfall, temperature and solar radiation climatic factors, appropriate for the different growth stages in each region are different. And from the total 9570.2071 kms^2 area of the the city of Torbate Hydariyeh according to Saffron cultivation zoning, 6% has a very good quality, 56% of the area has a good quality, 28% has relative conditions for cultivation, 8.5% has poor and 1.5% of the area has a quite unsuitable quality for the cultivation of saffron.

References

Farajzade, M., and Myrzabayati, R. 2007. Possibility study of areas with potential cultivation of saffron in Nishabor plain using GIS. Teacher Humanities 50(1): 67-91.

Jafarbeyglu, M., and Mobaraky, Z. 2008. The land proportion evaluation in Ghazvin province for Saffron cultivation based on Multi-Criteria decision making method. Journal of Natural Geographic Research 66: 101-119.

Seidy Shahivandy, M., Khaledy, S., Shakiba, A.R and Mir Baghery, B. 2012. The Agricultural climate zoning of corn in Lorestan province using of Geographical Information Systems techniques. Journal of Geographical Sciences Applied Research 13(29): 195-214.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 281

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۱

Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.)

R. Mohammadpour Vashvaei[1*], M. Galavi[2], M. Ramroudi[2] and B.A. Fakheri[3]

Submitted: 04-07-2014
Accepted: 15-02-2015

Keywords: Dehydration stress, Medicinal plants, Mycorrhiza, Organic fertilizer, ρ-cymene

Introduction

Thyme (*Thymus vulgaris* L.) is a perennial aromatic shrub belonging to the mint family (Davis, 1982) which has anti-spasmodic, antiseptic, carminative, anti-cough, sputum and antioxidant properties (Dapkevicius et al., 2002). Essential oil of thyme contains variable amounts of phenolic compounds such as thymol and carvacrol (20 to 80%), mono-terpinene hydrocarbons such as ρ-cymene, γ-terpinene and alcohols such as linalool, α-terpinene and tojan (Nickavar et al., 2005; Rustaiyan et al., 2000). Increasing the desired compounds of medicinal plants is possible by manipulation of cultivation techniques such as irrigation, fertilization or photo-bioreactor systems. Water deficiency is the most important factor limiting the growth and yield of drug crops, especially in arid and semi-arid regions (Babaee et al., 2010). Biofertilizers as an alternative in some cases and in most cases as a complement to chemical fertilizers can help to ensure the sustainability of agricultural production systems (Han et al., 2006). (Vital et al., 2002) mentioned the positive effects of biofertilizers in growth and yield of thyme.

The present study was designed to evaluate the effect of biofertilizers and drought stress on growth, yield and essential oil compounds of thyme.

Materials and methods

This experiment was conducted in a split-plot based on randomized complete block design with two replications, at the Research Farm of Zabol University, during the growing season of 2012 and 2013. The main plots consisted of irrigation with 30, 50, 70 and 90% of field capacity and subplots including plant inoculation with nitroxin, biophosphorus and mycorrhiza. Plant traits such as plant height (cm), fresh and dry weight of herbs (g.plant^{-1}), essential oil percentage, essential oil yield (ml.plant^{-1}) of thyme were measured. Chemical compositions of the oil were determined by gas chromatography (GC) and gas chromatography with mass spectrometer (GC/MS). For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA), Duncan's multiple range test (DMRT), simple correlation and stepwise regression were performed using SAS version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and discussion

In this experiment, the effects of drought stress, biofertilizer and their interactions with all studied traits were significant at the 1% probability level. The highest plant height (35.09 cm), fresh and dry weight of herbs per plant (103.52 and 43.27 g.plant^{-1}, respectively.) and essential oil yield (0.350 mL.plant^{-1}) belong to treatment of irrigation with 90% field capacity and nitroxin biofertilizer. The maximum essential oil percentage with 0.413% was obtained by irrigation with 70% field capacity and nitroxin biofertilizer. Fresh weight of herb per plant was the most crucial component in determining essential oil yield in thyme. Plants irrigated with 70% filed capacity gave the highest relative percentage of thymol, which reached 71.32, 50.68 and 47.71% in nitroxin, biophosphorus and mycorrhiza biofertilizer, respectively. This effect was accompanied with a decrease in ρ-cymene content. Inoculation with nitroxin biofertilizer as compared to other fertilizers could further amend drought stress and improve the plant growth, essential oil percentage and yield and phenolic compound thymol

1, 2 and 3- MSc student of Agroecology, Associate Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ro_mohammadpour@yahoo.com)

of thyme. Thus, it appears that in order to achieve sustainable agriculture instead of chemical fertilizers, use of bio fertilizers is recommended.

References

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Han, H.S., and Lee, K.D. 2006. Effect of inoculation with phosphate and potassium co-insolubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52:130-136.

Davis, P.H. 1982. Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University Press, Edinburgh 7: 320-354.

Dapkevicius, A., Van Beek, T.A., Lelyveld, G.P., Veldhuizen, A., Groot, A., Linssen J.P.H., and Venskutonis, R. 2002. Isolation and structure elucidation of radical scavengers from *Thymus vulgaris* leaves. Journal of Natural Production 65: 892-896.

Nickavar, B., Mojab, F., and Dolat Abadi, R. 2005. Analysis of the essential oils of two *Thymus* species from Iran. Food Chemistry 90(4): 609-611.

Rustaiyan, A., Masoudi, S., Monfared, A., Kamalinejad, M., Lajevardi, T., Sedaghat, S., and Yari, M. 2000. Volatile constituents of three *Thymus* species grown wild in Iran. Planta medica 66: 197-198.

Vital, W.M., Teixeira, N.T., Shigihara, R., and Dias, A.F.M. 2002. Organic manuring with pig biosolids with applications of foliar biofertilizers in the cultivation of Thyme (*Thymus vulgaris* L.). Ecossistema 27: 69-70.

Journal of Agroecology
Vol. 7, No. 2, Summer 2015, p. 283

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۸۳

Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.)

M. Sardar[1], M.A. Behdani[2*], S.V. Eslami[2] and S. Mahmoodi[2]
Submitted: 21-01-2015
Accepted: 04-05-2015

Keywords: Conservation tillage, Envoke (Trifloxysulfuron sodium), Fibrousplant, Weed species diversity

Introduction

Cotton shows its best growth where no weeds are present in the field and would give an acceptable yield and quality under these conditions. Soil cultivation is a part of cropping operations which is done to prepare the soil suitable for crop planting and consumes about 60% of the mechanical energy used in mechanized agriculture (Jacobs & Harrel, 1983). Herbicides are important tools of weed management in developed countries and they are one of the main pillars for IWM (Vencill & Banks, 1994). These chemicals, however, are most effective where weeds density has been reduced using other methods such as soil disturbances (Musavi, 2009). Trifloxysulfuron- sodium (Envoke) has been introduced as a low dose and is an effective tool in reducing chemical pesticides usage (Burke & Wilcut, 2004). It has been recommended to apply this herbicide at 2-8 leaf stage of cotton growth. The best result, however, has been achieved at 5-8 leaf stage (Richardson et al., 2007). Envoke is recommended at different dosages. The recommended dose in Iran is 15-20 $g.ha^{-1}$ Envoke WG 75% plus Citogate.

Material and methods

To evaluate the effect of combined dose of different soil tillage methods and weed control on density and diversity of cotton weeds, a split-plot experiment based on randomized complete block design was conducted at the city of Boshruyeh during the rowing season of 2012. Experiment factors were tillage method as the main plot with three levels including conventional tillage, no- till and minimum tillage, and different methods of weed control as sub plots at five levels including the herbicide trifloxysulfuron sodium (Envoke granular formulation with 75% water content of 11.25 $g.ha^{-1}$+ Citogate %2) at 10, 15 and 20 $g.ha^{-1}$, as well as a non-weeding and a hand hoeing plot with four replications. Identification of dominant weeds and their density calculations were conducted at three stages including before spraying as well as 15 and 30 days after spraying. Samplings were carried out at these three stages using the data from two 50x50 cm quadrates fixed in each plot between two adjacent ridges. Cotton yield was measured through sampling 20 cotton plants (2.5 m^2) from the two central lines after omitting 0.5 m from each side of the planting line as the margin effect. Analysis of variance was done using SAS v_8 and comparison of the means was conducted using FLAD at 5% level.

Results and discussion

In this experiment, field weeds included broad-and narrow-leaved weed species including *Chenopodium album, Alhaji alhaji, Amaranthus* spp., *Cynodon dactylon, Sophora secundiflora, Setaria* spp., *Echinochloa crus-gali, Acroptilon repens* L. The results showed that weeds density and composition were considerably affected by tillage methods. The no- and minimum tillage systems increased narrow leaf weeds density by 22.72 and 14.47% compared with conventional tillage, respectively, while these systems decreased the broad leaf

1 and 2- MSc of Agronomy and Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

weeds density by 65.47 and 48.21%, respectively. Perennial weeds especially *Cynodon dactylon* were dominant species under the no tillage treatment, but annual weeds like *Setaria* spp., *Echinochloa crus-gali*, *Amaranthus* spp. and *Chenopodium album* were more dominant under conventional tillage. Both annual and perennial weeds were observed under reduced tillage treatments (chisel and disk). The greatest weed density reduction (narrow and broad- leaved) was observed where 20 $g.ha^{-1}$ of Envoke with Citogate was sprayed under conventional tillage and conservation tillage was next in the rank. The greatest cotton yield was observed under minimum tillage and hand weeding treatments.

References

Burke, I.C., and Wilcut, J.W. 2004. Weedmanagement in cotton with CGA 362622, Fluometuron, and pyrithiobac. Weed Technology 18: 268-276.

Jacobs, C.O., and Harrel, W.R. 1983. Agricultural power and machinery. Mc Grow Hill Book Companies. New York.

Musavi, M. 2009. The Principlesand Methods of Weed Control. Marzdanesh Publications, Tehran. Iran. (In Persian)

Richardson, R.J., Wilson, H.P., and Hines, T.E. 2007. Pre emergence herbicides followed By Trifluxysulfuron poste mergence in cotton. Weed Technology 21: 1-6.

Vencill, W.K., and Banks, P.A. 1994. Effects of tillage systems and weed management on weed population in grain sorghum. Weed Science 42: 541-547.

Contents

Effects of rhizobial bacteria on K, Ca and Na concentration of wheat (*Triticum aestivum* L.) in saline soils 147
S. Homayoun, A. Lakzian, G.H. Haghnia and R. Khorassani
Allelopathic effect of different caster bean organs (*Ricinus communis* L.) on reducing germination and growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yuncker) 156
S.M. Seyyedi, P. Rezvani Moghaddadm, R. Shahriari and M. Azad
The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.) 168
A. Koocheki, A. Ruhi and F. Nurbakhsh
The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions 179
E. Gholami Sharafkhane, M. Jahan, M. Banayan Avval, A. Koocheki and P. Rezvani Moghaddam
Evaluation of water productivity in tea (*Camellia sinensis* L. O. Kuntze) production in tea planting of the Guilan province 190
K. Majd Salimi, E. Amiri and S. Shaigan
Whether farmers are willing to financially participate in reducing the undesirable environmental effects of polluted water? (A case study of Kashaf- Rood basin in Mashhad) 202
H. Aghasafari and M. Ghorbani
Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of fennel (*Foeniculum vulgar* Mill.) 215
A. Gholami, I. Akbari and H. Abbasdokht
Spatial zoning of saffron (*Crocus sativus* L.) cultivation based on climatic factors using hierarchical analysis process method (case study: Torbate Hydariyeh city) 225
M. Rashid Sorkh Abadi, A. Shahidi and A. Khashei Siuki
Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) 237
R. Mohammadpour Vashvaei, M. Galavi, M. Ramroudi and B.A. Fakheri
Effect of soil disturbance methods and chemical weed control on density and diversity of weed species of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) planted after wheat (*Triticum aestivum* L.) 254
M. Sardar, M.A. Behdani, S.V. Eslami and S. Mahmoodi
Extended abstracts 267-284

Journal of Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 7 No. 2 Summer 2015

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad, Press
Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran
Tel: +98-51– 38806454
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology