نشریه علمی - پژوهشی

بـوم شنـاسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۸ شماره ۱

بهار ۱۳۹۵

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 8 No. 1

Spring 2016

Journal of Agroecology (Quarterly)

شاپا: ۷۷۱۳-۲۰۰۸

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

بررسی ترکیب فیتوشیمیایی اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahandica* Bornm.) در مراحل مختلف فنولوژیکی ۱
حیران قمری، مهدی صیدی، عظیم قاسم نژاد و علیرضا قنبری

مطالعه رویشگاهی اکوتیپ های مختلف گل اروانه بزقی (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) در استان خراسان رضوی : روش تجزیه به مؤلفه اصلی ۱۷
مژگان ثابت تیموری، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی

ارزیابی شاخص‌های رشدی کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی ۳۳
افسانه امین غفوری، پرویز رضوانی مقدم، مهدی نصیری محلاتی و سرور خرم دل

تأثیر نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت ۴۷
علی نخزری مقدم

اثر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* و سطوح کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) ۵۹
مریم شهرکی، مهدی دهمرده، عیسی خمری و احمد اصغرزاده

ارزیابی عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط با بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.) و مقادیر نیتروژن ۷۰
محمد نباتی نساز، عبدالقیوم قلیپوری و معرفت مصطفوی‌راد

بررسی توان رقابتی برخی ارقام عدس (*Lens culinaris* L.) به تداخل علف‌های هرز در شرایط دیم ۸۲
جواد حمزه‌ئی، محسن سیدی و مجید بابائی

اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان در دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) با تراکم‌های کاشت مختلف ۹۵
شیوا اکبری، محمد کافی و شهرام رضوان‌بیدختی

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای گوناگون شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت شرایط تنش رطوبتی ۱۰۷
فاطمه سلیمانی، گودرز احمدوند و علی اکبر صفری سنجانی

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در شهرستان تربت‌حیدریه ۱۲۰
فریبا زرقانی، علیرضا کریمی، رضا خراسانی و امیر لکزیان

مطالعه اثر تنش خشکی و برخی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی برکارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف در ارقام کلزا (*Brassica* spp. L.) ۱۳۴
پویا آروین و جواد وفابخش

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه) جلد ۸ شماره ۱ بهار ۱۳۹۵ Vol. 8 No. 1 Spring 2016 Journal of Agroecology (Quarterly)

Contents

Evaluation of Phytochemical Composition of Sahandian Savory (*Satureja sahandica* Bornm.) Essential Oils at Different Phenological Stages 1
H. Ghamari, M. Saidi, A. Ghaasemnejaad and A.R. Ghanbari

Studding Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) Different Ecotypes at Natural Habitat in Khorasan Razavi Province: Principal Component Analysis..... 17
M. Sabet Teimouri, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati

Effects of Oganic and Biofertilizers on Growth Indices of Castor Bean (*Ricinus communis* L.)..... 33
A. Amin Ghafori, P. Rezvani Moghaddam, M. Nassiri Mahallati and S. Khorramdel

Effects of Nitrogen and Different Intercropping Arrangements of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.) on Forage Yield and Competitive Indices..... 47
A. Nakhzari Moghaddam

Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* and Levels of Manure on Quantitative and Qualitative Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) 59
M. Shahraki, M. Dahmardeh, E. Khamari and A. Asgharzadeh

Evaluation of Forage Yield and Important Agronomic Indices of Corn Affected by Intercropping Systems with Peanut and Nitrogen Rates..... 70
M. Nabati Nasaz, A. Gholipouri and M. Mostafavi Rad

Competitive Ability of Lentil (*Lens culinaris* L.) Cultivars to Weed Interference under Rain-fed Conditions..... 82
J. Hamzei, M. Seyedi and M. Babaei

The Effects of Drought Stress on Yield, Yield Components and Anti-oxidant of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes with Different Planting Densities 95
S. Akbari, M. Kafi and S. Rezvan Beidokhti

The Effect of Chemical, Biological and Organic Nutritional Treatments on Sunflowers Yield and Yield Components under the Influence of Water Deficit Stress..... 107
F. Soleymani, G. Ahmadvand and A.A. Safari Sanjani

To Evaluate the Effect of Soil Physical and Chemical Characteristics on the Growth Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.) Corms in Tornbat-e Heydariyeh Area..... 120
F. Zarghani, A. Karimi, R. Khorasani and A. Lakzian

Study of Drought and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Radiation Use Efficiency and Dry Matter Partitioning Into Pod in Different Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)..... 134
P. Arvin and J. Vafabakhsh

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه 89/22515 مورخه 89/9/28 از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

درجه علمی پژوهشی شماره 89/3/11/52479 مورخه 89/9/8 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد 8 شماره 1 بهار 1395

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 سرور خرم دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

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، استاد 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: 20 نسخه

قیمت: 5000 ریال (دانشجویان 2500 ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: 1163-91775

تلفن: 051-38804654 **نمابر:** 051-38787430

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

بررسی ترکیب فیتوشیمیایی اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahandica* Bornm.) در مراحل مختلف فنولوژیکی ۱
حیران قمری، مهدی صیدی، عظیم قاسم نژاد و علیرضا قنبری

مطالعه رویشگاهی اکوتیپ های مختلف گل اروانه بزقی (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) در استان خراسان رضوی : روش تجزیه به مؤلفه اصلی ۱۷
مژگان ثابت تیموری، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی

ارزیابی شاخص‌های رشدی کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی ۳۳
افسانه امین غفوری، پرویز رضوانی مقدم، مهدی نصیری محلاتی و سرور خرم دل

تأثیر نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت ۴۷
علی نخزری مقدم

اثر باکتری‌های *ازتوباکتر و آزوسپیریلوم* و سطوح کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) ۵۹
مریم شهرکی، مهدی دهمرده، عیسی خمری و احمد اصغرزاده

ارزیابی عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط با بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.) و مقادیر نیتروژن ۷۰
محمد نباتی نساز، عبدالقیوم قلیپوری و معرفت مصطفوی‌راد

بررسی توان رقابتی برخی ارقام عدس (*Lens culinaris* L.) به تداخل علف‌های هرز در شرایط دیم ۸۲
جواد حمزه‌ئی ، محسن سیدی و مجید بابائی

اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان در دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) با تراکم‌های کاشت مختلف ۹۵
شیوا اکبری ، محمد کافی و شهرام رضوان‌بیدختی

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای گوناگون شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت شرایط تنش رطوبتی ۱۰۷
فاطمه سلیمانی، گودرز احمدوند و علی اکبر صفری سنجانی

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در شهرستان تربت‌حیدریه ۱۲۰
فریبا زرقانی، علیرضا کریمی، رضا خراسانی و امیر لکزیان

مطالعه اثر تنش خشکی و برخی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی برکارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف در ارقام کلزا (*Brassica* spp. L.) ۱۳۴
پویا آروین و جواد وفابخش

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 تداوم 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 بهروه‌وری 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 ۲ صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط 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 مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین ۷۰۰-۶۰۰ واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title
2. Author
3. Affiliation
4. Introduction
5. Materials and Methods
6. Results and Discussion
9. Conclusion
10. Acknowledgements
11. Keywords
12. References

- تعداد منابع که باید در بخش مقدمه به آنها ارجاع داده شود حداکثر سه منبع مهم که در متن مقاله نیز از آنها استفاده شده بایستی در نظر گرفته شود. همچنین بایستی بین قسمتهای چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که ۳۰٪ مربوط به مقدمه، ۲۰٪ مواد و روش‌ها و ۵۰٪ مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه گیری کلی 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: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ نمابر: ۳۸۷۸۷۴۳۰ -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.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 16-1

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 1-16

بررسی ترکیب فیتوشیمیایی اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahandica* Bornm.) در مراحل مختلف فنولوژیکی

حیران قمری[1]، مهدی صیدی[2*]، عظیم قاسم نژاد[3] و علیرضا قنبری[4]

تاریخ دریافت: 1393/12/23
تاریخ پذیرش: 1394/03/04

قمری، ح.، صیدی، م.، و قاسم نژاد، ع. 1395. بررسی ترکیب فیتوشیمیایی اسانس مرزه سهندی (*Satureja sahandica* Bornm.) در مراحل مختلف فنولوژیکی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(1): 16-1.

چکیده

مرزه سهندی (*Satureja sahandica* Bornm.) یکی از گیاهان خانواده نعناعیان و بومی ایران است که در شمال غرب و غرب کشور پراکندگی دارد. در تحقیق حاضر تأثیر زمان‌های مختلف برداشت بر عملکرد و ترکیب فیتوشیمیایی اسانس مرزه سهندی در رویشگاه طبیعی پاکل از توابع شهرستان ایلام، استان ایلام و یک نمونه کشت شده در گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. بخش‌های هوایی گیاهان در پایان هر ماه از فروردین تا شهریور ماه 1390 برداشت گردید. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که زمان برداشت بر صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت. مقایسه میانگین بازدهی اسانس نمونه‌های وحشی نشان داد که بیشترین (0/42 درصد) و کمترین (0/19 درصد) عملکرد به ترتیب مربوط به اردیبهشت و شهریور بود. همچنین بیشترین (61/06 درصد) و کمترین (49/53 درصد) فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به محصول شهریور و مرداد بود. از طرفی، بیشترین و کمترین محتوی فنل کل به ترتیب مربوط به شهریور (30/06 میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس) و خرداد (14/41 میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس) بود. تجزیه فیتوشیمیایی اسانس‌ها با کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) 75 ترکیب مختلف را جداسازی کرد. بورنئول در تمامی مراحل مختلف برداشت ترکیب اصلی اسانس بود. به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که اردیبهشت ماه به عنوان مناسب‌ترین زمان برداشت جهت دستیابی به بالاترین میزان اسانس، مرحله گلدهی کامل (شهریور) جهت دستیابی به بالاترین کیفیت اسانس از جمله درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل و تیر ماه جهت دستیابی به مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده اسانس (بورنئول) مرزه سهندی در رویشگاه آن در استان ایلام می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بورنئول، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، گیاهان دارویی، محتوی فنل کل

مقدمه

جنس مرزه (*Satureja*) از خانواده نعناع[2] (El-Gazzar & Watson, 1970) اغلب در مناطق مدیترانه‌ای پراکندگی دارد. این جنس در ایران دارای 15 گونه می‌باشد که از میان آن‌ها نه گونه انحصاری کشور هستند. گونه‌های این جنس بیشتر در دامنه‌های کوهستانی مناطق شمال، شمال غربی، شمال شرقی، مرکزی و جنوب غربی ایران پراکندگی داشته و روی صخره‌های آهکی و یا دامنه‌های سنگلاخی می‌رویند و سایر گونه‌ها علاوه بر ایران در ترکمنستان، ترکیه، قفقاز، ماورای قفقاز و عراق نیز می‌رویند (Sefidkon et al., 2005).

مرزه سهندی با نام علمی *S. sahandica* Bornm. گیاهی چندساله است (Akbarinia & Sefidkon, 2009) که در شمال

1 و 2- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام
3- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
4- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: Email: msaidi@ilam.ac.ir)

2- Labiateae

غرب و غرب ایران پراکنده شده است (Sefidkon et al., 2004). رشد رویشی این گیاه از اواخر اسفند شروع و گلدهی آن از اواسط خرداد تا اواخر مرداد ادامه دارد. در صورت برداشت و یا چرای دام گلدهی آن تا اوایل پاییز ادامه می‌یابد (Akbarinia et al., 2009). این گونه در رویشگاه‌های طبیعی استان ایلام به صورت خودرو می‌روید و فصل رویش آن از فروردین تا اواخر شهریور ماه می‌باشد.

گونه‌های مختلف جنس مرزه از نظر میزان اسانس و نوع ترکیب‌های تشکیل‌دهنده تنوع زیادی دارند. در اسانس برخی از گونه‌ها، ترکیب‌های عمده پولگون و منتول هستند. در حالی‌که در اسانس بعضی دیگر از گونه‌ها ترکیباتی مانند کارواکرول، گاماترپینن و پاراسیمن ترکیب عمده اسانس را تشکیل می‌دهند (Ahmadi et al., 2009). در مرزه سهندی مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده اسانس تیمول، پی‌سیمن و گاماترپینن و بازده اسانس 2/8-1/5 درصد نسبت به وزن خشک گزارش شده است (Sefidkon et al., 2004).

باید توجه داشت که میزان مواد مؤثره در گیاه به هیچ وجه ثابت نبوده و متناسب با میزان رشد گیاه تغییر می‌نماید. تغییراتی که در میزان مواد مؤثره گیاه در طول سال و حتی ساعات یک روز به وجود می‌آید اهمیت جمع‌آوری گیاهان دارویی را در زمانی که گیاه دارای حداکثر میزان مواد مؤثره است نمایان می‌سازد (Samsam Shariat, 1992). برداشت گیاهان دارویی در زمان نامناسب نه تنها میزان محصول به دست آمده را کاهش می‌دهد، بلکه محصول برداشت شده نیز از کیفیت مطلوبی برخوردار نخواهد بود. زیرا عملکرد اندام مورد نظر و همچنین میزان متابولیت‌های ثانویه یک گیاه دارویی در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه متفاوت است (Omidbaigi, 2005). از طرفی فعالیت بیولوژیک و کاربرد اسانس در صنایع مختلف بستگی به ترکیبات شیمیایی موجود در آن دارد که خود تحت تأثیر عوامل محیطی، مرحله رشد، زمان برداشت، شرایط کشت، روش‌های پرورش و اندام برداشت شده جهت اسانس‌گیری می‌باشد (Ahmadi & Mirza, 1999).

بازده اسانس مرزه بختیاری (*S. bachtiarica* Bunge.) کشت شده و جمع‌آوری شده از رویشگاه در مراحل قبل از گلدهی و گلدهی کامل در خرم آباد به ترتیب (1/1 و 2/1 درصد) و (1/8 و 1/1 درصد) بوده است. عمده‌ترین ترکیب‌های شناسایی شده در رویشگاه در مرحله قبل از گلدهی پاراسیمن (36/5 درصد)، کارواکرول (20/0 درصد) و تیمول (19/2 درصد) و در مرحله گلدهی کامل پاراسیمن (23/2 درصد)، کارواکرول (25/8 درصد)، تیمول (1/3 درصد) و منتول (18/5 درصد) بودند. در اسانس مرزه بختیاری جمع‌آوری شده از مزرعه در مرحله قبل از گلدهی عمده‌ترین ترکیب‌ها پاراسیمن (28/6 درصد) و کارواکرول (48/6 درصد) و در مرحله گلدهی کامل پاراسیمن (21/2 درصد) و کارواکرول (62/3 درصد) بودند (Ahmadi et al., 2009). بیشترین میزان اسانس به دست آمده از مرزه خوزستانی (*S. khuzistanica* J.) در مرحله قبل از گلدهی (پنج میلی‌لیتر در 100 گرم ماده خشک) و کمترین مقدار مربوط به مرحله بعد از گلدهی (1/9 میلی‌لیتر در 100 گرم ماده خشک) بود و کارواکرول به عنوان ترکیب اصلی سازنده اسانس در سه مرحله قبل از گلدهی، بعد از گلدهی و گلدهی گزارش شد (Madgd et al., 2008). در آویشن هیمالیایی (*Thymus hyemalis* Lange) بیشترین درصد مواد مؤثره تیمول و کارواکرول در آغاز گلدهی به دست آمده است (Jordan et al., 2006). بازدهی اسانس آویشن کرمانی (*T. caramanicus* Jalas) نیز تحت تأثیر زمان برداشت تغییرات معنی‌داری نشان داده است. به طوری‌که در مراحل گلدهی، تشکیل جوانه زایشی، رشد بذر و نیز تشکیل جوانه رویشی به ترتیب 2/5، 2/1، 2/0 و 1/9 درصد بوده است. ترکیب اصلی اسانس این گیاه نیز در تمام مراحل ذکر شده، کارواکرول گزارش شده است (Ebrahimi et al., 2008). ماده اصلی تشکیل‌دهنده اسانس زرمبات (*Alpinia zerumbet*) نیز در تمام فصول سال، پی‌سیمن بوده اما مقدار این ترکیب در فصل تابستان افزایش و در اوایل بهار کاهش پیدا کرد (Murakami et al., 2009). میزان اسانس در گل راعی (*Hypericum triquetrifolium* Turra.) در مراحل رویشی، گلدهی و میوه‌دهی به ترتیب 0/09، 0/12 و 0/08 درصد گزارش شده است. ان- اکتان، آلفا- پینن، بتا- کاریوفیلن، 2-متیل اکتان، ان- نونان، آلفا- لونگیپینن، کاریوفیلن اکسید و بتا- پینن ترکیبات اصلی اسانس بودند که درصدشان در طول سه مرحله رشد متفاوت بود (Hosni et al., 2011). بالاترین محتوی فنل کل در دو گونه از گل راعی (*H. scabrum; H. hyssopifolium*) در مرحله تشکیل جوانه زایشی و در گونه دیگر از این گیاه (*H. pruinatu*) در مرحله گلدهی کامل به دست آمده است (Ayan et al., 2007). بیشترین و کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در دو گونه توت (*Morus alba* L.; *M. nigra* L.) به ترتیب در اکتبر و فوریه ثبت شده است. اما بیشترین و کمترین میزان فنل کل در این دو گونه به ترتیب در اکتبر و ژوئن به دست آمده است. در این بررسی مشخص

شده که افزایش میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در اکتبر ممکن است با مرحله گلدهی کامل و شروع مرحله پیری در ارتباط باشد (Syvacy & Sokmen, 2004). تغییرات غلظت فنل کل در طول رشد مرزنجوش بستانی (*Origanum majorana* L.) هم توسط مراحل فنولوژیکی و هم توسط فاکتورهای آب و هوایی تحت تأثیر قرار گرفته و مقدار فنل به طور معنی‌داری با مرحله رشد تغییر پیدا می‌کند (Sellami et al., 2009).

با توجه به این که شرایط اقلیمی و زمان برداشت گیاه می‌توانند تأثیرات چشمگیری در بازده و همچنین نوع و درصد ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاهان معطر ایجاد کنند، لازم است جهت دستیابی به حداکثر بازدهی و کیفیت مطلوب اسانس‌ها، مطالعات دقیقی صورت گیرد. در همین راستا، تحقیق حاضر به منظور بررسی تأثیر مراحل مختلف رشد و زمان برداشت مرزه سهندی بر عملکرد و اجزای تشکیل‌دهنده اسانس آن در رویشگاه طبیعی خود در استان ایلام و در نهایت معرفی مناسب‌ترین زمان برداشت برای بهره‌برداران و تولیدکنندگان انجام گردید.

مواد و روش‌ها

الف) مواد گیاهی و استخراج اسانس

در این تحقیق بخش‌های هوایی مرزه سهندی از کوهپایه‌های منطقه پاکل واقع در استان ایلام (شکل 1) در شش مرحله از فروردین تا شهریور سال 1390 و در پایان هر ماه جمع‌آوری گردید. یک نمونه تکثیر شده به روش غیرجنسی (قلمه) از این گیاه در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام کشت گردیده و در مرحله گلدهی کامل (شهریور ماه) برداشت و با نمونه‌های جمع‌آوری شده از رویشگاه مورد مقایسه گردید. شناسایی و تعیین نام علمی این گیاه توسط دکتر ولی اله مظفریان، استاد گیاهشناسی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام شد. در هر مرحله از برداشت، اندام‌های هوایی تعدادی از گیاهان مورد نظر از ارتفاع 10 سانتی‌متر بالای سطح خاک برداشت شده و پس از جداسازی مواد زائد، در سایه و در دمای اتاق خشک شدند. تاریخ، محل جمع‌آوری و مرحله رشد گیاهان در جدول 1 آمده است.

برای استخراج روغن‌های اسانسی، 100 گرم از نمونه خرد شده گیاهی را در دستگاه کلونجر ریخته و پس از افزودن 300 میلی‌لیتر آب مقطر به آن به روش تقطیر با آب (Hydro-distillation) اسانس-گیری شد (British pharmacopoeia, 1988). پس از چهار ساعت اسانس‌گیری، اسانس حاصل جمع‌آوری و با سولفات سدیم بدون آب رطوبت‌زدایی شد.

شکل 1- مرزه سهندی در رویشگاه طبیعی پاکل، استان ایلام

Fig. 1- Sahandian savory at its natural habitat 'Paakal', Ilam province

جدول 1- تاریخ، محل جمع‌آوری و مرحله رشد مرزه سهندی

Table 1- Date, collection place and growth stage of Sahandian savory

تاریخ جمع‌آوری Date of harvesting	مرحله رشد Growth stage	محل جمع‌آوری Collection place
21.4.2011	رویشی Vegetative	رویشگاه طبیعی پاکل Natural habitat, Paakal
21.5.2011	رویشی Vegetative	رویشگاه طبیعی پاکل Natural habitat, Paakal
21.6.2011	رویشی Vegetative	رویشگاه طبیعی پاکل Natural habitat, Paakal
21.7.2011	رویشی Preflowering	رویشگاه طبیعی پاکل Natural habitat, Paakal
21.8.2011	شروع گلدهی Flowering	رویشگاه طبیعی پاکل Natural habitat, Paakal
7.9.2011	گلدهی کامل و بذر دهی Full blooming & seeding	رویشگاه طبیعی پاکل Natural habitat, Paakal
2.9.2011	گلدهی کامل Full blooming	گلخانه Greenhouse

درصد اسانس اندام هوایی در زمان‌های مختلف برداشت در رویشگاه به صورت حجمی- وزنی (حجم اسانس در 100 گرم وزن خشک) محاسبه گردید. برای دقت بیشتر، در هر مرحله از برداشت، سه نمونه گیاهی مجزا تهیه گردید و عملکرد اسانس با محاسبه میانگین درصد اسانس به دست آمده برای هر نمونه به دست آمد. اسانس‌ها تا زمان ارسال به آزمایشگاه جهت تجزیه فیتوشیمیایی در یخچال با دمای $4^{\circ}C$ نگهداری شدند.

ب) شناسایی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس

به منظور جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس از دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) در آزمایشگاه فیتوشیمی پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی استفاده شد. پس از تزریق اسانس به دستگاه GC و یافتن مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی ستون جهت دستیابی به بهترین جداسازی، اسانس‌های حاصله با دی کلرومتان رقیق شده و به دستگاه GC/MS تزریق شده و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت. شناسایی ترکیبات اسانس با استفاده از پارامترهای زمان و شاخص بازداری، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه این طیف‌ها با ترکیبات استاندارد و اطلاعات موجود در کتابخانه دستگاه GC/MS صورت گرفت. درصد نسبی هر کدام از ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس با توجه به سطح زیر منحنی آن در کروماتوگرام GC به روش نرمال کردن سطح و نادیده گرفتن ضرایب پاسخ به دست آمد. مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده به صورت زیر بود.

مشخصات دستگاه GC

کروماتوگرافی گازی مدل TRACE GC ساخت شرکت Thermoquest-Finnigan مجهز به آشکارساز FID (یونیزاسیون شعله هیدروژن) با ستون DB-5 به طول 30 متر، قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن 0/25 میکرون بود. برنامه‌ریزی حرارتی آون از 60 تا $250^{\circ}C$ با سرعت افزایش $5^{\circ}C$ در دقیقه انجام گردید. گاز حامل نیتروژن با مقدار 1/1 میلی لیتر بر دقیقه بود. نسبت شکاف 100 برای رقیق کردن نمونه استفاده شد. دمای محفظه تزریق $250^{\circ}C$ و دمای آشکارساز (دتکتور) $280^{\circ}C$ منظور گردید. حجم نمونه اسانس تزریق شده به دستگاه نیز 0/2 میکرولیتر بود.

مشخصات دستگاه GC/MS

برای تجزیه اسانس از دستگاه GC/MS مدل TRACE MS مجهز به ستون DB به طول 60 متر و قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت لایه نازک 0/25 میکرومتر استفاده شد. دمای آون از 60 تا $250^{\circ}C$ با سرعت $4^{\circ}C$ بر دقیقه افزایش یافت و به مدت 10 دقیقه در $250^{\circ}C$ نگه داشته شد. از گاز حامل هلیوم با سرعت جریان 1/1 میلی‌لیتر بر دقیقه و انرژی یونیزاسیون 70 الکترون‌ولت نیز استفاده شد.

ج) اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس روش پیشنهادی (Kulkarni & Aradhya, 2005) انجام شد. درصد فعالیت آنتی-اکسیدانی بر اساس معادله (1) محاسبه گردید.

$$\text{Antioxidant activity (\%)}=[1-(A_{Sample}/A_{Control})]\times 100 \quad (1)$$

که در این معادله، A_{Sample}: جذب نمونه در طول موج 517nm و $A_{Control}$: جذب کنترل در طول موج 517nm می‌باشند.

د) سنجش میزان فنل کل

برای سنجش محتوی فنل کل نمونه‌ها، از روش پیشنهادی (Singleton et al., 1999) استفاده شد. میزان فنل کل بر اساس میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس استخراج شده از گیاه خشک بیان گردید. برای این منظور ابتدا منحنی استاندارد گالیک اسید تهیه شد. برای منحنی استاندارد ترسیم شده معادله خطی (2) محاسبه شد.

$$Y=1/08x + 0/136 \quad R^2=0/983 \quad (2)$$

میزان فنل کل بر اساس معادله (3) محاسبه گردید:

$$\text{mg Gallic acid/ml Essential oil} = [(A_{760} + 0.131)/1.84) \times 39 \quad (3)$$

که در این معادله، A_{760}عدد قرائت شده در 760 nm و 39 عدد رقیق‌سازی اسانس با اتانول 96 درصد بودند.

ه) طرح آزمایشی و محاسبات آماری

این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام شد. تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین داده‌ها با نرم‌افزار Mstat-C انجام شد. ضرایب همبستگی صفات مختلف نیز با نرم‌افزار SPSS تعیین گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بازدهی اسانس نمونه‌ها تحت تأثیر زمان‌های مختلف برداشت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول 2).

با مقایسه میانگین داده‌ها (جدول 3) مشخص گردید که بیشترین و کمترین بازدهی اسانس در رویشگاه به ترتیب مربوط به نمونه‌های اردیبهشت (0/42 درصد) و شهریور ماه (0/19 درصد) بود. هر چند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین نمونه شهریور و مرداد ماه (0/23 درصد) مشاهده نشد. بازدهی اسانس نمونه گلخانه در مقایسه با سایر نمونه‌ها بسیار پایین و ناچیز بود که به دلیل مقدار ناچیز ماده خشک اولیه استفاده شده در فرایند اسانس‌گیری، تقریباً غیرقابل اندازه‌گیری دقیق بود.

جدول 2- تجزیه واریانس عملکرد اسانس مرزه سهندی در مراحل مختلف فنولوژیکی

Table 2- ANOVA of essential oil yield of *S. sahandica* at different phenological stages

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
		عملکرد اسانس Oil yield
تاریخ برداشت Date of harvesting	5	0.023**
خطا Error	12	0.001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.60

** معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at 1% of probability level

جدول 3- مقایسه میانگین اثر زمان برداشت بر درصد اسانس

Table 3- Mean comparison of harvesting time impacts on oil percentage

تیمار Treatment	درصد اسانس Oil percentage
فروردین April	0.34bc*
اردیبهشت May	0.42a
خرداد June	0.38ab
تیر Julay	0.32c
مرداد August	0.23d
شهریور September	0.19d

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

* Means with at least one similar letter have no significant diference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

ترکیب‌های شناسایی شده در اسانس مرزه سهندی در مراحل مختلف برداشت در رویشگاه و گلخانه در جدول 4 خلاصه شده‌اند.

جدول ٤- اجزای اصلی، شاخص بازداری و درصد ترکیبات اسانس مرزه سهندی در زمان‌های مختلف برداشت

Table 4- Main compounds, retention index and percentage of essential oil composition of Sahandian savory at different harvesting dates

نام ترکیب Compound name	شاخص بازداری RI	زمان برداشت از رویشگاه پاکل Harvesting date from habitat 'Paakal'						زمان برداشت از گلخانه Harvesting date from greenhouse
		فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	شهریور September
آلفا پینن α-Pinene	939	0.67	0.68	0.76	0.32	0.27	0.38	0.09
کامفن Camphene	955	2.82	2.56	2.80	2.87	2.03	1.77	5.93
دهیدرو-۱، ۸- سینئول Dehydro-1, 8-cineole	994	1.16	0.61	0.49	0.38	0.27	0.29	0.54
آلفا ترپینن α-Terpinene	1020	0.22	0.37	0.33	0.17	0.22	0.79	0.26
پی سیمن p-Cymene	1027	0.75	0.83	1.00	0.88	1.54	2.87	0.86
گاما ترپینن γ-Terpinene	1061	0.51	0.88	0.87	0.30	0.83	1.56	0.63
سیس-لینالول اکسید (فورانوئید) Cis-linalool oxide (furanoid)	1075	1.28	1.42	0.89	0.36	0.67	0.81	0.32
لینالول Linalool	1099	7.64	9.35	4.66	1.29	1.29	0.99	1.41
کامفور Camphor	1153	4.71	4.81	7.09	14.39	15.22	15.26	7.56
بورنئول Borneol	1177	29.34	34.58	43.14	44.71	37.31	29.30	39.02
۴- ترپینئول 4-Terpineol	1185	4.99	6.72	7.67	4.81	8.58	11.82	4.00
آلفا ترپینئول α-Terpineol	1198	7.09	8.26	6.80	4.41	5.10	4.38	2.97
ایزوبورنیل فومات Isobornyl formate	1237	2.82	2.78	2.70	3.27	4.78	3.47	1.98
بورنیل استات Bornyl acetate	1292	12.96	9.42	6.86	9.99	12.25	9.25	9.54
کارواکرول Carvacrol	1302	tr	tr	tr	tr	tr	4.92	7.88
ترپینن-۴- ال استات Terpinen-4-ol acetate	1304	0.18	0.09	0.15	1.19	0.37	3.39	0.64
اسپاتولنول Spathulenol	1600	5.23	2.90	2.13	1.39	1.60	0.92	1.58
کاریوفیلن اکسید Caryophyllene oxide	1605	5.24	5.23	5.11	2.64	2.52	1.15	4.81

tr: مقدار بسیار ناچیز

tr: Trace value

در مجموع تعداد 75 ترکیب مختلف در اسانس‌ها شناسایی شد که عمده‌ترین آن‌ها بورنئول، کامفور، بورنیل استات، 4- ترپینئول و لینالول بودند. ترکیب‌های شناسایی شده در اسانس حاصل از فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور از رویشگاه و نمونه گلخانه‌ای به ترتیب 99/07، 99/62، 99/35، 97/93، 99/04، 99/04 و 97/30 درصد از کل مواد تشکیل‌دهنده اسانس را تشکیل دادند.

شناسایی کیفی ترکیب‌های اسانس‌ها در مراحل مختلف برداشت وجود 68 ترکیب مختلف را نشان داد که در فروردین و اردیبهشت ماه عمده‌ترین ترکیب‌ها بورنئول، بورنیل استات، لینالول و آلفا- ترپینئول بودند. اما در خرداد ماه همچنان بورنئول ترکیب اصلی و پس از آن 4- ترپینئول، کامفور، بورنیل استات و آلفا- ترپینئول عمده‌ترین اجزاء اسانس بودند. در اسانس مربوط به تیرماه، بورنئول به حداکثر مقدار خود (44/71 درصد) در طول دوره رشد گیاه رسید و پس از آن کامفور، بورنیل استات، 4- ترپینئول و آلفا- ترپینئول به ترتیب بیشترین سهم در تشکیل اسانس را عهده‌دار بودند. در نمونه مرداد ماه افزایش درصد کامفور و بورنیل استات و کاهش محتوی آلفا- ترپینئول ادامه یافت. اگرچه در این مرحله نیز عمده‌ترین جزء تشکیل- دهنده اسانس بورنئول (37/31 درصد) بود، اما درصد آن نسبت به مراحل رشدی پیشین کاهش چشمگیری نشان داد. در اسانس حاصل از نمونه وحشی در شهریور ماه، 74 ترکیب مختلف شناسایی شد که عمده‌ترین آن‌ها بورنئول (29/30 درصد)، کامفور (15/26 درصد)، 4- ترپینئول (11/82 درصد)، بورنیل استات (9/25 درصد) و کارواکرول (4/92 درصد) بودند. در اسانس نمونه کشت شده در گلخانه نیز 74 ترکیب مختلف شناسایی شد اما عمده‌ترین آن‌ها بورنئول (39/02 درصد)، بورنیل استات (9/54 درصد)، کارواکرول (7/88 درصد)، کامفور (7/56 درصد) و کامفن (5/93 درصد) بودند (جدول 4).

نتایج تجزیه واریانس درصد عمده‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده اسانس نشان داد که بین زمان‌های مختلف برداشت اختلاف معنی- داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول 5). مقایسه میانگین محتوای بورنئول نشان داد که بیشترین و کمترین درصد این ترکیب به ترتیب مربوط به نمونه‌های وحشی در تیر (44/71 درصد) و شهریور (29/30 درصد) بود. از طرفی بین نمونه‌های شهریور و فروردین (29/34 درصد) از نظر آماری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

جدول ۵- تجزیه واریانس اجزای اصلی اسانس در زمان‌های مختلف برداشت

Table 5- ANOVA of main compounds of essential oils at different harvesting dates

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		بورنئول Borneol	کامفور Camphor	بورنیل استات Bornyl acetate	٤- ترپینئول 4-Terpineol	لینالول Linalool	آلفا ترپینئول α-Terpineol	کارواکرول Carvacrol	کامفن Camphene
زمان برداشت Date of harvest	6	112.40**	71.73**	12.41**	22.05**	36.26**	10.40**	31.46**	5.64**
خطا Error	14	9.03	0.32	0.49	0.53	1.08	0.31	0.38	0.56
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	8.17	5.77	6.97	10.53	27.35	10.09	34.03	25.25

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at 1% of probability level

جدول 6- مقایسه میانگین درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس در زمان‌های مختلف برداشت از رویشگاه و گلخانه

Table 6- Mean comparison oil compounds percentage at different harvesting times from habitat and greenhouse

تیمار Treatment	بورنئول Borneol	کامفور Camphor	بورنیل استات Bornyl acetate	4- ترپینئول 4-Terpineol	لینالول Linalool	آلفا ترپینئول α-Terpineol	کارواکرول Carvacrol	کامفن Camphene
فروردین April	29.34^{d*}	4.71^{c}	12.96^{a}	4.99^{d}	7.64^{a}	7.09^{b}	-	2.82^{b}
اردیبهشت May	34.58^{cd}	4.81^{c}	9.42^{b}	6.72^{c}	9.35^{a}	8.26^{a}	-	2.56^{b}
خرداد June	43.14^{ab}	7.09^{b}	6.86^{c}	7.67^{bc}	4.66^{b}	6.80^{b}	-	2.80^{b}
تیر Julay	44.71^{a}	14.39^{a}	9.99^{b}	4.81^{d}	1.29^{c}	4.41^{c}	-	2.87^{b}
مرداد August	37.31^{c}	15.22^{a}	12.25^{a}	8.58^{b}	1.29^{c}	5.10^{c}	-	2.03^{b}
شهریور (رویشگاه) September (Habitat)	29.30^{d}	15.26^{a}	9.25^{b}	11.82^{a}	0.99^{c}	4.38^{c}	4.92^{b}	1.77^{b}
شهریور (گلخانه) September (Greenhouse)	39.02^{bc}	7.56^{b}	9.54^{b}	4.00^{d}	1.41^{c}	2.97^{d}	7.88^{a}	5.93^{a}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

* Means in each column with at least one similar letter have no significant diference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

جدول 7- تجزیه واریانس فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل اسانس در برداشت‌های مختلف

Table 7- ANOVA of antioxidant activity and total phenol content of oils at different harvests

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	
		فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity	محتوی فنل کل Total phenol content
زمان برداشت Date of harvest	5	48.58**	107.67**
خطا Error	12	9.56	2.31
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.79	7.51

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at 1% of probability level

مقایسه میانگین محتوای کامفور نشان داد که بیشترین و کمترین درصد این ترکیب به ترتیب مربوط به نمونه شهریور (15/26 درصد) و فروردین (4/71 درصد) بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین شهریور، مرداد (15/22 درصد) و تیر (14/39 درصد) و بین فروردین (4/71 درصد) و اردیبهشت (4/81 درصد) مشاهده نشد. مقایسه میانگین بورنیل استات موجود در اسانس‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین درصد این ترکیب به ترتیب مربوط به فروردین (12/96 درصد) و خرداد (6/86 درصد) بود. هر چند که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین فروردین (12/96 درصد) و مرداد (12/25 درصد) وجود نداشت (جدول 6).

نتایج تجزیه واریانس درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل اسانس نشان داد که بین زمان‌های مختلف برداشت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول 7). بیشترین و کمترین درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی به ترتیب مربوط به شهریور (61/06 درصد) و مرداد (49/53 درصد) بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین مرداد و ماه‌های فروردین تا تیر وجود نداشت.

جدول 8- مقایسه میانگین اثر زمان برداشت بر درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل اسانس

Table 8- Mean comparison of harvesting time effects on antioxidant activity and total phenol content of essential oils

تیمار Treatment	فعالیت آنتی‌اکسیدانی (درصد) Antioxidant activity (%)	محتوی فنل کل (میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس) Total phenol content (mg Gallic acid/ml Essential oil)
فروردین April	51.76[b*]	14.90[d]
اردیبهشت May	53.87[b]	20.43[c]
خرداد June	51.87[b]	14.41[d]
تیر Julay	51.92[b]	24.04[b]
مرداد August	49.53[b]	17.78[c]
شهریور September	61.06[a]	30.06[a]

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشند.

* Means in each column with at least one similar letter have no significant diference at 5% of probability level based on Duncan's multiple range test.

بیشترین و کمترین محتوی فنل کل اسانس به ترتیب مربوط به شهریور (30/06 میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس) و خرداد (14/41 میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس) بود که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین خرداد و فروردین (14/90 میلی‌گرم گالیک اسید بر میلی‌لیتر اسانس) مشاهده نگردید (جدول 8).

مقایسه درصد اسانس حاصل از اندام هوایی مرزه سهندی تحت تأثیر زمان‌های مختلف برداشت از رویشگاه نشان داد که حداکثر میزان اسانس (0/42 درصد) را از این گیاه می‌توان در اردیبهشت ماه به دست آورد. این در حالی است که اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2009) بازده اسانس سه توده ژنتیکی مرزه سهندی جمع‌آوری شده از عرصه‌های طبیعی استان قزوین، آبگرم و آروچان را به ترتیب 3/3، 3/0 و 2/21 درصد و سفیدکن و همکاران (Sefidkon et al., 2004) بازده اسانس اندام هوایی مرزه سهندی در سه استان مختلف در شمال غرب (آذربایجان و زنجان) و غرب (کردستان) ایران را 2/8-1/5 درصد نسبت به وزن خشک گزارش نمودند. بنابراین، بازده اسانس این گونه در استان ایلام کمتر از مقدار گزارش شده توسط این محققان می‌باشد. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) بالاترین درصد اسانس مرزه در شرایط آب و هوایی مشهد را تحت تأثیر کاربرد تیمارهای کودی برابر با 2/37 درصد برای تیمار ترکیبی نیتروکسین+حل‌کننده فسفات+ورمی‌کمپوست گزارش نمودند. به نظر می‌رسد تفاوت در بازده اسانس مرزه سهندی در مناطق مختلف کشور ناشی از شرایط متفاوت آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی متفاوت باشد (Samsam Shariat, 1992). در تحقیق حاضر بررسی سیر تغییرات درصد اسانس نشان داد که که مرزه سهندی در مرحله رویشی (اردیبهشت ماه) از اسانس بیشتری برخوردار بوده ولی پس از ورود به مرحله گلدهی، کاهش چشمگیری در عملکرد اسانس آن دیده شد. این روند کاهشی در میزان اسانس می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی و درونی باشد. به نظر می‌رسد وجود شرایط محیطی مطلوب از جمله بارندگی در اردیبهشت منجر به افزایش رشد رویشی و میزان اسانس شده باشد. گلدهی با تغییر در شرایط محیطی (خنک شدن هوا و کاهش طول روز) در اواخر تابستان و کاهش شدید سطح برگ و در نهایت کاهش تعداد کرک‌های غده‌ای در واحد سطح توأم بود. از طرفی، با شروع گلدهی و تبدیل مریستم‌های رویشی به زایشی، فعالیت برگ-زایی تقریباً متوقف می‌گردد که کاهش تعداد کرک‌های غده‌ای و متعاقب آن کاهش تولید اسانس را در پی خواهد داشت. تغییر مسیرهای بیوسنتزی در چرخه کربس و به کارگیری اجزای تشکیل-دهنده اسانس و پیش ماده‌های آن‌ها در تشکیل ساختارهایی نظیر بذر نیز می‌تواند یکی از دلایل کاهش مقدار اسانس در مرحله گلدهی کامل باشد (Madgd et al., 2008). نتایج این تحقیق در خصوص بهترین زمان برداشت برای استحصال حداکثر عملکرد اسانس با نتایج سفیدکن و همکاران (Sefidkon et al., 2007) در مرزه رشینگری

(*S. rechingeri* Jamzad) و سفیدکن و اکبری‌نیا (Sefidkon & Akbarinia, 2009) در مرزه سهندی مطابقت نداشت. این محققان اوایل گلدهی را بهترین مرحله رشد برای دستیابی به بالاترین میزان اسانس این دو گونه گزارش کردند. اما نتایج تحقیق حاضر با یافته‌های سفیدکن و همکاران (Sefidkon et al., 2003) در پونه‌سا (*Nepeta heliotropifolia* Lam.) مطابقت داشت. این محققان دریافتند که در این گونه با گذر گیاه از مرحله برگ‌دهی به مرحله گلدهی کامل از میزان اسانس آن کاسته می‌شود. بنابراین، عکس العمل گیاهان مختلف از نظر مراحل رشدی از نظر میزان اسانس متفاوت می‌باشد. به عبارتی، میزان اسانس و کیفیت آن به طور معنی-داری به وسیله شرایط اکولوژیکی و زمان برداشت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Miguel et al., 2002).

بررسی ترکیب فیتوشیمیایی اسانس مرزه سهندی نشان داد که مهم‌ترین جزء تشکیل‌دهنده اسانس در تمامی مراحل برداشت بورنئول بود. هر چند که مقدار آن تحت تأثیر زمان برداشت قرار گرفت. روند تغییرات درصد بورنئول نشان داد که درصد این ماده از فروردین ماه به تدریج شروع به افزایش نموده و در تیر ماه به حداکثر میزان خود می‌رسد. سپس با نزدیک شدن به شروع مرحله زایشی، میزان این ترکیب رو به کاهش می‌گذارد. امروزه بورنئول به عنوان یک ترکیب با خاصیت ضد میکروبی (Amiri, 2012)، ضدالتهابی (Liu et al., 2011) و ضد قارچی (Horvathova et al., 2009) شناخته شده است و در شامپوها، صابون‌های آرایشی و پاک‌کننده‌های خانگی نیز استفاده می‌شود (Bhatia et al., 2008). شناسایی بورنئول به عنوان عمده‌ترین ترکیب در اسانس مرزه سهندی در استان ایلام با گزارش-های محققان پیشین (Sefidkon et al., 2004; Tabatabaei-Raisi et al., 2007) مغایرت داشت. این محققان تیمول، پی سیمن و گاما ترپینن را به عنوان مهمترین ترکیبات اسانس در گونه مرزه سهندی معرفی نمودند. این تفاوت عمده در عملکرد و اجزای تشکیل-دهنده اسانس به احتمال زیاد ناشی از تفاوت‌های کموتایپی باشد که خود حاصل برهمکنش ژنوتیپ گیاهان و شرایط محیطی حاکم بر رویشگاه‌های مختلف می‌باشد. رشد و تولید گیاهان در بوم‌نظام‌ها و رویشگاه‌های طبیعی مختلف تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر اقلیم منطقه، ارتفاع از سطح دریا و موقعیت جغرافیایی قرار دارد (Hadipanah et al., 2011). یکی از تفاوت‌های مهم در درصد اجزای تشکیل‌دهنده اسانس در مراحل مختلف فنولوژیکی، عدم وجود ماده بسیار مهم کارواکرول تا مرحله پیش از گلدهی یعنی مرداد ماه بود. از نکات مهم دیگر، عدم وجود اختلاف معنی‌دار در محتوی کامفن در زمان‌های مختلف برداشت از رویشگاه و اختلاف معنی‌دار آن در نمونه وحشی و گلخانه‌ای بود. همچنین، با وجود هم زمان بودن برداشت نمونه‌های وحشی و گلخانه‌ای در شهریور ماه، درصد ترکیب‌های به دست آمده از این دو نمونه تفاوت‌های قابل توجهی داشتند. در نمونه وحشی، محتوی برخی از ترکیب‌ها نظیر کارواکرول، کامفن و بورنئول نسبت به نمونه گلخانه‌ای پایین‌تر بود. در حالی‌که درصد بعضی از ترکیب‌های دیگر نظیر آلفا ترپینئول، 4- ترپینئول و کامفور بالاتر بود. این تغییرات می‌تواند ناشی از میزان بیان و یا عدم بیان مجموعه‌های ژنی مرتبط با سنتز اسانس باشد که در برهمکنش با عوامل محیطی در هر مرحله رشد متغیر می‌باشد (Madgd et al., 2008).

با مطالعه درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل مشخص شد که این خصوصیات تحت تأثیر مراحل مختلف فنولوژیکی گیاه قرار می‌گیرند. به طوری‌که بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل در مرحله گلدهی کامل به دست آمد. محتوی فنل کل در تیر ماه افزایش معنی‌داری نسبت به سه ماه پیش از آن نشان داد. علت افزایش محتوی فنل کل در تیر ماه نسبت به مراحل رویشی قبل از آن را می‌توان با دوره حداکثر رشد مرتبط دانست. بعد از دوره حداکثر رشد در تیر ماه، رشد رویشی کاهش یافته و گیاه خود را برای تشکیل جوانه زایشی در مرداد ماه مهیا می‌نماید. کاهش رشد در مرداد به منظور تشکیل جوانه زایشی منجر به کاهش میزان محتوی فنل کل می‌شود. در مرحله گلدهی کامل (شهریور)، گیاه ترکیب‌های فنولیکی را برای آماده‌سازی خود جهت فرآیند لیگنینی شدن و تشکیل بذر، تجمع داده که منجر به افزایش میزان فنل کل در این زمان نسبت به مراحل رشدی قبل از آن می‌شود (Sellami et al., 2009). به عبارتی دیگر، علت تغییر در محتوی فنل کل و افزایش آن در مرحله گلدهی کامل در نمونه وحشی ناشی از تغییرات میزان ترکیب‌های عمده نظیر 4- ترپینئول، کامفور و کارواکرول می‌باشد. زیرا همان‌طور که جدول 9 نشان می‌دهد همبستگی مثبتی بین درصد این ترکیب‌ها و محتوی فنل کل وجود دارد. همچنین نتایج جدول 4 نشان داد که مقدار این سه ترکیب در مرحله گلدهی کامل (شهریور) نسبت به مراحل قبل از آن بیشتر می-باشد.

جدول ۹- همبستگی پیرسون ترکیب‌ها، فعالیت آنتی اکسیدانی و محتوی فنل کل اسانس.

Table 9- Pearson's correlation of compounds, antioxidant activity and total phenol content of essential oils.

	کامفن Camphene	لینالول Linalool	کامفور Camphor	بورنئول Borneol	٤-ترپینئول 4-Terpineol	آلفاترپینئول α-terpineol	بورنیل استات Bornyl acetate	کارواکرول Carvacrol	عملکرد اسانس Oil yield	فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	محتوی فنل کل Total phenol Content
کامفن Camphene	1										
لینالول Linalool	0.258	1									
کامفور Camphor	-0.390	-0.914**	1								
بورنئول Borneol	0.233	-0.332	0.146	1							
۴-ترپینئول 4-Terpineol	-0.436	-0.437	0.473*	-0.360	1						
آلفاترپینئول α-terpineol	0.204	0.942**	-0.884**	-0.265	-0.317	1					
بورنیل استات Bornyl acetate	-0.192	0.091	0.086	-0.473*	-0.283	-0.016	1				
کارواکرول Carvacrol	-0.389	-.396	0.442	-0.444	0.719**	-0.479*	-0.179	1			
عملکرد اسانس Oil yield	0.325	0.761**	-0.796**	0.213	-0.606**	0.817**	-0.221	-0.654**	1		
فعالیت آنتی اکسیدانی Antioxidant activity	-0.408	-0.089	0.232	-0.531*	0.621**	-0.083	-0.186	0.658**	-0.296	1	
محتوی فنل کل Total phenol Content	-0.304	-0.492*	0.613**	-0.159	0.474*	-0.585*	-0.157	0.758**	-0.563*	0.614**	1

* و **: به ترتیب همبستگی در سطح پنج و یک درصد

* and **: Significant at 5 and 1 percent of probability level, respectively.

از طرفی ترکیب‌هایی نظیر لینالول و آلفا ترپینئول با محتوی فنل کل همبستگی منفی نشان داده و پایین بودن میزان این ترکیب‌ها در مرحله گلدهی کامل نسبت به سایر زمان‌های برداشت نیز باعث افزایش خاصیت فنلی اسانس مرزه سهندی شده است.

از آن‌جا که ترکیبات فنلی مسئول اصلی فعالیت‌های آنتی-اکسیدانی در گیاهان معطر می‌باشند (Salehi et al., Alizadeh et al., 2010; 2007)، همبستگی مثبت دو ترکیب 4- ترپینئول و کارواکرول و همبستگی منفی محتوای بورنئول با درصد فعالیت آنتی-اکسیدانی؛ افزایش درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شهریور ماه را توجیه می‌نماید. همچنین، با توجه به همبستگی مثبت درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل می‌توان گفت افزایش محتوی ترکیبات فنلی در شهریور ماه منجر به افزایش درصد فعالیت آنتی-اکسیدانی شده است.

تغییر در درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محتوی فنل کل در طول مراحل رشد گیاه و افزایش میزان آن در مرحله گلدهی کامل در مرزه سهندی با نتایج سیواسی و سوکمن (Syvacy & Sokmen, 2004) در دو گونه توت (*M. alba* L.; *M. nigra* L.)؛ آیان و همکاران (Ayan et al., 2007) در گونه‌ای از گل راعی (*H. pruinatu*) و سناتور (Senatore, 1996) در اسانس گونه‌ای از آویشن (*T. pulegioides* L.) مطابقت و با نتایج آیان و همکاران (Ayan et al., 2007) در گونه‌های گل راعی (*H. nummularioides* Trautv.; *H. hyssopifolium* L.; *H. pruinatum* Boiss. and *H. scabrum* L.) مغایرت داشت. امروزه مشخص شده است که محتوی فنل و خواص آنتی‌اکسیدانی گیاهان هر منطقه به پارامترهای زیادی از جمله آب و هوا، خاک، ارتفاع و گونه‌های مختلف گیاهی بستگی دارد (David & Zbigniew, 2010).

نتیجه‌گیری

بنابراین، تحقیق حاضر ثابت نمود که اسانس گیاهان در مراحل مختلف رشد، تفاوت‌های کمی و کیفی زیادی داشته و این نیاز ما به یک کمیت یا کیفیت خاص از اسانس است که تعیین‌کننده زمان برداشت گیاه می‌باشد.

منابع

1- Ahmadi, L., and Mirza, M. 1999. A study of chemical composition of essential oil from *Salvia officinalis* L. during different growth stages. Journal of Sciences and Technology Agriculture and Natural Research 3(2): 93-99.
2- Ahmadi, S., Sefidkon, F., Babakhanlo, P., Asgari, F., Khademi, K., and Karimifar, M.A. 2009. Comparing essential oil composition of *Satureja bachtiarica* Bunge. before and full flowering stages in field and provenance. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(2): 159-169. (In Persian with English Summary)
3- Akbarinia, A., and Sefidkon, F. 2009. Identification of essential oil components of *Satureja sahendica* Bornm., In cultivated condition in Qazvin. Journal of Qazvin University of Medical Sciences 13(2): 60-63. (In Persian with English Summary)
4- Akbarinia, A., Sefidkon, F., and Razaz Hashemi, S.R. 2009. Essential oil components of cultivated and wild accessions of *Satureja sahendica* Bornm. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(3): 376-385. (In Persian with English Summary)
5- Alizadeh, A., Khoshkhui, M., Javidnia, K., Firuzi, O., Tafazoli, E., and Khalighi, A. 2010. Effects of fertilizer on yield, essential oil composition, total phenolic content and antioxidant activity in *Satureja hortensis* L. (Lamiaceae) cultivated in Iran. Medicinal Plants Research 4(1): 033-040. (In Persian with English Summary)
6- Amiri, H. 2012. Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil and methanolic extract of *Salvia multicaulis* Vahl., Journal of Medicinal Plants 11(8): 111-117. (In Persian with English Summary)
7- Ayan, A.K., Yanar, P., Cirak, C., and Bilgener, M. 2007. Morphogenetic and diurnal variation of total phenols in some Hypericum species from Turkey during their phenological cycles. Bangladesh Journal of Botanically 36: 39-46.
8- Bhatia, S.P., Letizia, C.S., and Api, A.M. 2008. Fragrance material review on borneol. Food and Chemical Toxicology 46: 77- 80.
9- British Pharmacopoeia. 1988. British pharmacopoeia, 20, London, HMSO, 137-138.
10- David, R., and Zbigniew, A. 2010. Aqueous extract of *Achillea millefolium* L. (Asteraceae) inflorescences

suppresses lipopolysaccharide-induced inflammatory responses in RAW 2647 murine macrophages. Medicinal Plants Research 4(3): 225-234.

11- Ebrahimi, S.N., Hadian, J., Mirjalili, M.H., Sonboli, A., and Yousefzadi, M. 2008. Essential oil composition and antibacterial activity of *Thymus caramanicus* at different phenological stages. Food Chemistry 110: 927-931.

12- El-Gazzar, A., and Watson, A. 1970. Taxonomic study of Labiatae and related genera. New Phytologist 69: 451-486.

13- Hadipanah, A., Golparvar, A.R., Ghasemi Pirbalouti, A., and Zaynali, H. 2011. Determine optimum of harvest time on the quantity/quality of essential oil and thymol of thyme (*Thymus vulgaris* L.) in Isfahan. Journal of Herbal Drugs 2(1): 23-32. (In Persian with English Summary)

14- Horvathova, E., Slamenova, D., Marsalkova, L., Sramkova, M., and Wsolova, L. 2009. Effects of borneol on the level of DNA damage induced in primary rat hepatocytes and testicular cells by hydrogen peroxide. Food and Chemical Toxicology 47: 1318-1323.

15- Hosni, K., Msaada, K., Taarit, M.B., and Marzouk, B. 2011. Phenological variation of secondary metabolites from *Hypericum triquetrifoli*um Turra., Biochemical Systematics and Ecology 39: 43-50.

16- Jordan, M.J., Martinez, R.M., Goodner, K.L., Baldwin, E.A., and Sotomayor, A. 2006. Seasonal variation of *Thymus hyemalis* Lange and Spanish *Thymus vulgaris* L. essential oils compositions. Industrial Crops and Products 24: 253-263.

17- Kulkarni, A.P., and Aradhya, S.M. 2005. Chemical changes and antioxidant activity in pomegranate arils during fruit development. Food Chemistry 93: 319-324.

18- Liu, R., Zhang, L., Lan, X., Li, L., Zhang, T.T., Sun, J.H., and Du, G.H. 2011. Protection by borneol on cortical neurons against oxygen-glucose deprivation/reperfusion: involvement of anti-oxidation and anti-inflammation through nuclear transcription factor kappab signaling pathway. Neuroscience 176: 408-419.

19- Madgd, A., Nedzaad-Sataari, T., Khavari Nedzaad, R., and Doosti, B. 2008. Evaluation of qualitative and quantitative changes in essential oil components of the medicinal plant (*Satureja khuzistanica* J.) during plant genesis and its oil in vitro antimicrobial properties. Journal of Sciences Islamic Azad University 18(70/1): 51-60. (In Persian with English Summary)

20- Miguel, M.G., Duarte, F., Venancio, F., and Tavares, R. 2002. Changes of the chemical composition of the essential oil of Portuguese *Thymus mastichina* in the course of two vegetation cycles. Acta Horticulturae 576: 83-86.

21- Murakami, S., Li, W., Matsuura, M., Satou, T., Hayashi, S., and Koike, K. 2009. Composition and seasonal variation of essential oil in Alpinia zerumbet from Okinawa Island. Natural Medicinal 63: 204-208.

22- Omidbaigi, R. 2005. Production and Processing of Medicinal Plants. Astane Ghodse Razavi, Mashhad, Iran 347 pp. (In Persian)

23- Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A. Bakhshaie, S., and Jafari L. 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology 5(2): 105-112. (In Persian with English Summary)

24- Salehi, P., Sonboli, A., Ebrahimi, S.N., and Yousefzadi, M. 2007. Antibacterial and antioxidant activities of the essential oil and various extracts of *Salvia sahendica* in different phenological stages. Chemistry of Natural compounds 43: 328-330.

25- Samsam Shariat, H. 1992. Extraction of plant materials and quantitative evaluation. Mani, Isfahan, Iran 293 pp. (In Persian)

26- Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z., and Ahmadi, S. 2007. The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad., Food Chemistry 100: 1054-1058.

27- Sefidkon, F., and Akbarinia, A. 2009. Essential oil content and composition of *Satureja sahendica* Bornm. In different stages of plant growth. Journal of Essential Oil Research 21(2): 112-114.

28- Sefidkon, F., Jamzad, Z., and Barazandeh, M.M. 2005. Essential oil of *Satureja bachtiarica* Bunge. a potential source of carvacrol. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 20(4): 425-439. (In Persian with English Summary)

29- Sefidkon, F., Jamzad, Z., and Mirza, M. 2004. Chemical variation in the essential oil of *Satureja sahendica* from Iran. Food Chemistry 88: 325-328.

30- Sefidkon, F., Kalvandi, R., and Mirza, M. 2003. Chemical variation of the essential oil of *Nepeta heliotropifolia* in different stages of plant growth. Medicinal and Aromatic Plants Research 19(3): 225-267. (In Persian with English Summary)

31- Sellami, I.H., Maamouri, E., Chahed, T., Wannes, W.A., Kchouk, M.E., and Marzouk, B. 2009. Effect of growth stage on the content and composition of the essential oil and phenolic fraction of sweet majoram (*Origanum majorana* L.). Industrial Crops and Products 30: 395-402.

32- Senatore, F. 1996. Influence of harvesting time on yield and composition of the essential oil of a thyme (*Thymus pulegioides* L.) growing wild in Campania (Southern Italy). Food Chemistry 44: 1327-1332.

33- Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant activity by meas of folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymology 299: 152-178.

34- Syvacy, A., and Sokmen, M. 2004. Seasonal changes in antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin constituent of the stems of two Morus species (*Morus alba* L. and *Morus nigra* L.). Plant Growth Regulation 44: 251-256.

35- Tabatabaei-Raisi, A., Khaligi, A., Kashi, A., Asnaashari, S., Bamdad mogadam, S., and Delazar, A. 2007. Antioxidant activity and chemical compositions of essential oil of aerial parts of *Satureja sahendica* Bornm., Pharmaceutical Sciences 3: 1-6.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 16-1

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 16-1

Evaluation of Phytochemical Composition of Sahandian Savory (S*atureja sahendica* Bornm.) Essential Oils at Different Phenological Stages

H. Ghamari[1], M. Saidi[2*], A. Ghaasemnejaad[3] and A.R. Ghanbari[4]

Submitted: 14-03-2015
Accepted: 25-05-2015

Ghamari, H., Saidi, M., Ghaasemnejaad, A., and Ghanbari, A.R. 2016. Evaluation of phytochemical composition of sahandian savory (S*atureja sahendica* Bornm.) essential oils at different phenological stages, Journal of Agroecology 8(1): 1-16.

Introduction

Sahandian Savory (*Satureja sahandica* Bornm.) is an indigenous perennial aromatic plant growing in the West and North West of Iran. Its growing season starts from March till end of September. Oil and its quality are abundantly variable among different Savory species (Ahmadi et al., 2009). Although, Thymol, p-Cymene and γ-Terpinen have been determined as the main components of Sahandian Savory oil by Sefidkon et al. (2004), little data on its Phytochemistry and phenology genealogy? is available. The present study investigated the phytochemical properties of essential oils of (*S. sahendica* Bornm.) at different harvest times from Pakal habitat and a specimen grown in greenhouse.

Materials and methods

The aerial parts of plants were collected on one month intervals from 20th April till 20th September. A specimen cloned from the wild plants and grown in research greenhouse, college of Agriculture, Ilam, was harvested at full blooming stage in September. Essential oils were extracted using Clevenger apparatus by hydro-distillation. Isolation and identification of oil components were carried out by gas chromatography (GC) and coupled gas chromatography with mass spectrometer (GC/MS) at Medicinal Plants and Drug Research Institute, Shahid Beheshti Medical University, Tehran, Iran. Antioxidant activity and total phenol content were measured following Singleton et al. (1999) methods, respectively.

Results and discussion

The ANOVA showed that harvest time significantly affected oil yield of samples at one percent of probability. Mean comparison analysis revealed that the maximum and minimum oil yield were belonged to May (0.42%) and September (0.19%) harvests, respectively. The essential oil percentage of plants grown in greenhouse were extremely low and negligible samples collected from their natural habitat. Analysis of variances for antioxidant activity and total phenol content showed that the traits were also significantly affected by harvest time. The highest and lowest antioxidant activity recorded for harvests in September (61.06%) and August (49.53%), respectively. On the other hand, maximum and minimum total phenol content recorded from samples harvested in September (432.71 mg Gallic acid/ ml essential oil) and June (191.28 mg Gallic acid/ml essential oil), respectively. Phytochemical analysis by coupling gas chromatography with mass spectrometer (GC/MS) identified 75 different components. ANOVA of oil compositions exhibited a highly significant difference between different harvest times. Borneol was the main component of oil at all harvests. In early stages (April and May), Borneol (29.34 and 34.58 percent), Bornyl acetate (12.96 and 9.42 percent), Linalool (7.64 and 9.35 percent) and α-Terpineol (7.09 and 8.26 percent) were the main components. By the end of spring (Mid June) Borneol and Camphor content was increased slowly so that Borneol reached to its peak (44.71 percent) in end of June, but the other main components were declined by the last harvest. On full flowering stage (mid-August and early-September) an increase was recorded for Bornyl acetate, the highest content of Camphor observed; Carvacrol was identified as the main oil component (4.92 percent) and Borneol content decreased.

1 and 2- Former MSc Student in Horticultural Sciences and Assistant professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Horticulture, Gorgaan Agriculture and Natural Resources University, Gorgaan, Iran
4- Assistant professor, Department of Horticulture, College of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran
(*- Corresponding author Email: msaidi@ilam.ac.ir)

Phytochemical composition of oils extracted from greenhouse sample at flowering stage was significantly different from those obtained from wild plants at the same growing stage. Plants grown in the greenhouse were rich in Borneol, Bornyl acetate, Carvacrol, Camphor and Camphene (39.02, 9.54, 7.88, 7.56 and 5.93 percent, respectively), while oils extracted from wild plants, mostly formed by Borneol, Camphor, 4-Terpineol, Bornyl acetate and Carvacrol (29.30, 15.26, 11.82, 9.25 and 4.92 percent, respectively). The results showed that growing Sahandian savory in the greenhouse which is free from climatic stresses may be led to beneficial changes in its essential oil composition.

Conclusion

The study revealed that the highest essential oil can be achieved in May, the best quality essential oil regarding antioxidant activity and total phenol content should be obtained at the full blooming stage and to get the highest amount of Borneol, harvest must be done in July under Ilam province conditions.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the project by Dean, College of Agriculture; and Vice President for Research and Technology, Ilam University, Ilam, Iran.

Keywords: Antioxidant activity, Borneol, Medicinal plants, Total phenol content

References

Sefidkon, F., Jamzad, Z., and Mirza, M. 2004. Chemical variation in the essential oil of *Satureja sahendica* from Iran. Food Chemistry 88: 325-328.

Ahmadi, S., Sefidkon, F., Babakhanlo, P., Asgari, F., Khademi, K., and Karimifar, M.A. 2009. Comparing essential oil composition of *Satureja bachtiarica* Bunge. before and full flowering stages in field and provenance. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(2): 159-169. (In Persian with English Summary)

Singleton, V.L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant activity by meas of folin-Ciocalteu reagent. Methods Enzymology 299: 152-178.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۳۲-۱۷

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 17-32

مطالعه رویشگاهی اکوتیپ های مختلف گل ارواله بزقی (*Hymenocrater* Rech.f. *platystegius*) در استان خراسان رضوی : روش تجزیه به مؤلفه اصلی

مژگان ثابت تیموری[۱]، علیرضا کوچکی[۲*] و مهدی نصیری محلاتی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۰/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۷/۲۷

ثابت تیموری، م.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۵. مطالعه رویشگاهی گل ارواله بزقی (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) و امکان‌سنجی اهلی‌سازی آن در نظام زراعی کم نهاده: روش تجزیه به مؤلفه اصلی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۳۲-۱۷.

چکیده

جنس گل ارواله (*Hymenocrater*) با بیش از ۲۴ گونه پایا و بوته‌ای در دنیا از خانواده نعناعیان Lamiaceae می‌باشد. از بین ۱۰ گونه مختلف این جنس در رویشگاه‌های مختلف ایران، گونه گل ارواله بزقی *Hymenocrater platystegius* Rech. F. منحصر به استان خراسان است. به دلیل کاهش میزان بارندگی سالیانه در استان خراسان و تغییر کاربری اراضی طبیعی به کشاورزی، رویشگاه‌های طبیعی این گیاه در حال نابودی است و با توجه به خواص دارویی ارزنده این گونه اقدام به مطالعه و ثبت مهمترین متغیرهای رویشگاهی مؤثر بر خصوصیات مورفولوژیکی گونه گل ارواله بزقی، در شش رویشگاه اصلی استان خراسان رضوی (بزد، بزق، بزنگان، زشک، کلات و گلمکان)، طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۷ شد. جهت ثبت صفات رویشی و زایشی گیاه، ویژگی‌های توپوگرافی و اقلیمی مناطق مورد از توده‌های طبیعی این گونه نمونه‌برداری شده، تجزیه و تحلیل داده‌ها با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (آنالیز PCA) و آنالیز خوشه‌ای (PC) انجام شد. نتایج نشان داد که رویشگاه‌های مورد مطالعه تشابه زیادی در خصوصیات طبیعی داشتند. همچنین مقایسه خصوصیات مورفولوژیکی گونه در مناطق مختلف مورد بررسی، بیانگر وجود چهار اکوتیپ متفاوت بود. از میان ۱۵ متغیر گیاهی اندازه‌گیری شده، وزن خشک برگ، تعداد ساقه در بوته، تعداد گره و تعداد گره گلدار بیش از ۹۷ درصد واریانس محیطی را به خود اختصاص دادند. از میان صفات مورفولوژیکی گونه، وزن خشک برگ و در بین خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی رویشگاه‌ها، اقلیم با بار مثبت ۰/۵۵، بیشترین تأثیر را بر مؤلفه اصلی اول داشتند. بر اساس نتایج حاصله از آنالیز خوشه‌ای، خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی، رویشگاه‌های مورد مطالعه (با معیار تشابه ۷۰ درصد)، به پنج دسته متمایز تفکیک شد که بر این اساس، رویشگاه‌های گلمکان و کلات در یک خوشه قرار گرفت. بر این اساس می‌توان تأثیر خصوصیات اکولوژیکی بر تمایز افراد یک گونه در اکوتیپ‌های مختلف را یادآور شد.

واژه‌های کلیدی: اکوتیپ، آنالیز خوشه‌ای، توپوگرافی، خصوصیات مورفولوژیکی، گیاه دارویی

مقدمه

جنس گل ارواله *Hymenocrater* از جمله گیاهان دارویی و زینتی خانواده نعناعیان Lamiaceae محسوب می‌شود (Satil et al., 2007; Rechinger, 1987). این جنس بیش از ۲۴ گونه پایا و بوته‌ای در دنیا دارد و منطقه ایران و توران به عنوان رویشگاه مرکزی آن معرفی شده‌است (Anonymous, 2010). از بین ۱۰ گونه مختلف گل ارواله در رویشگاه‌های مختلف ایران، گل ارواله بزقی (*Hymenocrater platystegius* Rech.F.)، گونه منحصر به استان خراسان است (Ghelichnia, 2002; Mozaffarian, 1996; Rechinger, 1987). این گونه در مناطق مختلفی از سطح استان خراسان رضوی، از جمله رباط سفید، مزدوران، کوه نیشابور، دره اخلمد، زشک و بزد تربت‌جام مشاهده شده است. اختلاف ارتفاع از سطح دریا برای رویشگاه‌های مختلف بین ۱۸۰۰-۹۰۰ متر و خاستگاه اصلی این گونه کوه بزق، ارتفاع ۱۶۰۰ متری از سطح دریا اعلام شده است (Rechinger, 1987). گل ارواله با نام

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استادیار جهاد دانشگاهی و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

محلی دوای شیخ علی، در طب سنتی ایران مصرف دیرینه دارد. از برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار آن به صورت دم کرده به عنوان برطرف کننده علایم سرماخوردگی، مدر، خوشبو کننده دهان و به صورت موضعی جهت خوشبو کردن بدن استفاده می‌شود (Daryaiee, 2005). ماده مؤثره گل اروانه، اسانس حاصل از تقطیر برگ‌ها و سرشاخه‌های گلدار با ترکیبی از مواد شیمیایی مختلف بوده (Barazandeh, 2002) و دارای خواص ضد باکتری، ضد قارچ و آنتی‌اکسیدان می‌باشد (Chatterjee, 2002). اسانس گل اروانه جزو ۱۰ اسانس مهم خانواده نعناعیان گزارش شده که جایگاه خاصی در تجارت جهانی دارد (Akramian et al., 2007; Firouznia et al., 2005).

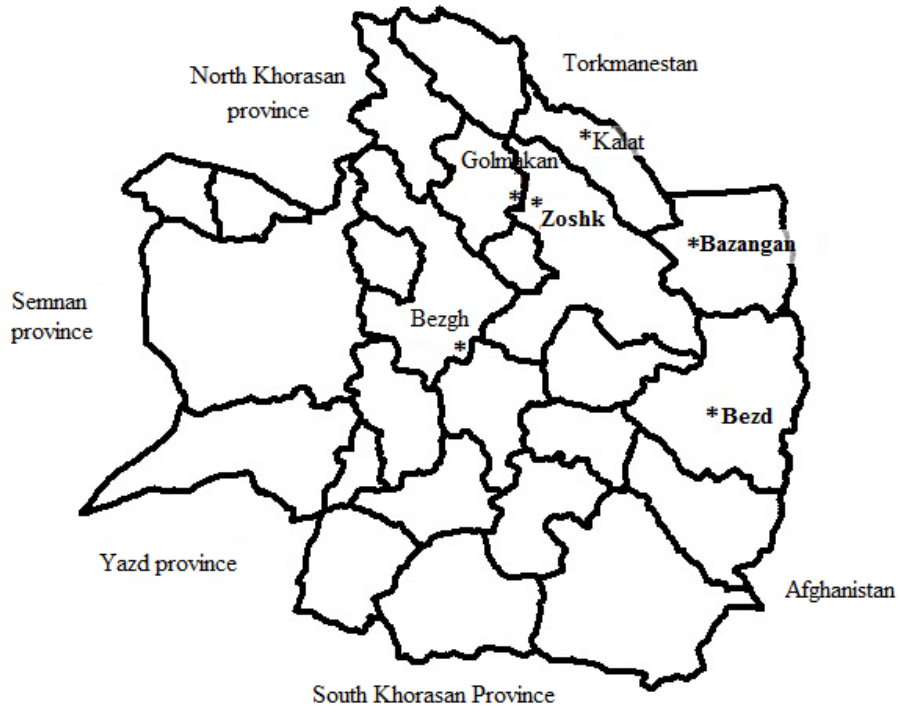
مدیریت صحیح و بهره‌برداری بهینه از اکوسیستم‌های طبیعی، مستلزم شناخت علمی و همه جانبه آن‌ها می‌باشد (Khademolhosseini et al., 2007). بر اساس آمار موجود پنج درصد از گونه‌های گیاهی کشور در حال انقراض است که این میزان، ۵۵۰ برابر مقدار پیش‌بینی شده توسط اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت و منابع طبیعی[1] (IUCN) است (Jalili & Jamzad, 1999). بر اساس این آمار و با توجه به محدود بودن سطح گسترش رویشگاهی برخی گونه‌ها، کشت و اهلی‌سازی گیاهان دارویی از جنبه‌های مختلف حائز اهمیت می‌باشد. بنابراین اهلی‌سازی و توسعه کشت گیاهان اهلی شده، فشار برداشت از عرصه‌های طبیعی را برای بسیاری از گونه‌های گیاهی نادر و کند رشد که در معرض خطر انقراض هستند کاهش داده (Vogel, 2004)، امکان تولید مقادیر مورد نیاز از مواد خام گیاهی را تضمین می‌نماید. طی فرآیند اهلی‌سازی، شناسایی دقیق گونه‌ها فراهم گردیده و کنترل کیفیت مواد خام گیاهی و تنظیم استانداردهای تولید گیاه دارویی امکان‌پذیر خواهد شد. در این شرایط فرآیندهای پس از برداشت قابل کنترل و مقدار تولید مواد مؤثره و قیمت محصول، برای مدت طولانی‌تری در تعادل باقی می‌ماند. به علاوه، در این شرایط امکان کشت و تولید ارگانیک این محصولات نیز میسر خواهد بود (Pears, 2001). البته، توجه به این نکته ضروری است که اهلی‌سازی و کشت یک گونه دارویی در مزارع دور از رویشگاه طبیعی، همواره جایگزین مناسبی برای حفاظت ژنتیکی نبوده و بایستی اهلی‌سازی با حفاظت گونه در رویشگاه طبیعی نیز همراه باشد (Nair, 1995). بنابراین، لازم است که با شناخت ویژگی‌های اکولوژیکی این گونه‌ها با هدف بهره‌برداری طولانی مدت و پایدار از گیاهان دارویی (Tabrizi, 2007) موجود در رویشگاه‌های طبیعی، کنترل جمعیت متعادل آن‌ها در طبیعت و در نتیجه کاهش فشار ناشی از برداشت اندام‌های مختلف گیاهان دارویی بر عرصه‌های طبیعی، علاوه بر حفاظت از تنوع ژنتیکی آن‌ها، به تولید پایدار زراعی آن‌ها نیز اقدام نمود. ضمن این‌که بروز تغییرات اقلیمی به دلیل کاهش میزان بارندگی سالیانه در استان خراسان رضوی و تغییر کاربری اراضی طبیعی در جهت توسعه زمین‌های کشاورزی، شرایط را برای بقای گونه‌های ارزشمند و کمیاب، نامساعد و آن‌ها را با خطر انقراض مواجه نموده است. برای شناسایی هر چه بهتر عوامل متنوع وابسته که در تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مورفولوژیکی و خصوصیات رویشگاهی گونه‌های مورد بررسی مؤثر هستند، روش تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی کاربرد دارد (Khademolhosseini et al., 2007; Khalifezadeh & Sepehri, 2009). در این روش‌ها، انتخاب تعداد معدودی متغیر مستقل از میان تعداد زیادی متغیر وابسته، و معرفی آن‌ها به عنوان مهمترین مؤلفه‌های مؤثر بر گونه و رویشگاه می‌تواند با توجه به تفاوت شرایط اقلیمی و توپوگرافی و ویژگی‌های گونه در رویشگاه‌های مختلف، ما را در انتخاب راهکارهای حفاظتی و مدیریتی مناسب هر رویشگاه و نیز اکوتیپ‌های مختلف یک گونه یاری کند (Pabst & Spies, 1998).

مطالعه حاضر با هدف انتخاب برترین رویشگاه گل اروانه بزقی بر اساس ویژگی‌های اکولوژیکی و مورفولوژیکی گونه در رویشگاه‌های طبیعی آن صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعات پایه: به منظور تعیین رویشگاه‌های طبیعی گل اروانه بزقی، به فلور گیاهی ایران، منابع موجود در هرباریوم پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و هرباریوم اوین تهران مراجعه شد. بر این اساس، استان خراسان رضوی به عنوان رویشگاه پایه و اصلی گونه شناسایی و انتخاب گردید. با توجه به موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی (طول جغرافیایی ′۱۵ °۵۶ تا ′۴۵ °۶۱ شرقی و عرض جغرافیایی ′۵۲ °۳۳ تا ′۴۰ °۳۷ شمالی)، معیار انتخاب رویشگاه‌ها بر پایه اختلاف ارتفاع، ویژگی‌های اقلیمی، ویژگی‌های توپوگرافی و بعد مسافت بود.

1- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources



شکل ۱- رویشگاه‌های مورد مطالعه

Fig. 1- Locations of investigated habitats

بر اساس اطلاعات موجود در فلورهای گیاهی معتبر و پس از بازدید صحرایی از نقاط رویشگاهی در سال ۱۳۸۷، اقدام به تعیین شش رویشگاه اصلی (بزد، بزق، بزنگان، زشک، کلات و گلمکان) گردیده (شکل ۱) و مطالعات میدانی طی سه سال ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ در این رویشگاه‌ها انجام شد.

ویژگی‌های توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب) با استفاده از دستگاه GPS و شیب‌سنج، تعیین و اقلیم (میانگین بارش سالیانه، درجه حرارت و رطوبت نسبی) کلیه رویشگاه‌ها با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی ثبت شد.

ویژگی‌های اکولوژیکی رویشگاه‌های انتخاب شده همچون، اقلیم منطقه (میانگین بارندگی سالیانه، میانگین درجه حرارت سالیانه و رطوبت نسبی)، وضعیت توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب) و خصوصیات زیستی گونه (ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، تعداد ساقه، تعداد گل، نسبت وزن خشک برگ به ساقه، تعداد بذر، تراکم بوته، وزن تر و خشک بوته)، به تفکیک هر رویشگاه اندازه‌گیری شد. منطقه قلعه پایه گلمکان، به دلیل تراکم بوته بیشتر، تنوع عوارض توپوگرافی رویشگاه، به عنوان ایستگاه پایه برای ارزیابی و ثبت مراحل فنولوژیکی گونه انتخاب گردید.

پس از انتخاب رویشگاه‌ها در سال ۱۳۸۷، در زمان گلدهی گیاه اقدام به نمونه‌برداری نقطه‌ای گردید. بدین صورت که پس از ورود به رویشگاه با مشاهده اولین بوته از این گونه، اقدام به نمونه‌برداری در طول ترانسکت شد. نمونه‌برداری از کل بوته‌هایی که از نظر مورفولوژیکی قابل شناسایی بودند صورت گرفت. همزمان با اوج گلدهی گیاه، خصوصیات هر نمونه از قبیل میانگین قطر تاج پوشش و متوسط ارتفاع بوته اندازه‌گیری شده، تراکم بوته، تعداد گل و بذر هر بوته در هر شش منطقه ثبت گردید. برای تعیین وزن تر و خشک تک بوته، اندام‌های هوایی هر بوته از محل رشد سالیانه قطع شده و به آزمایشگاه منتقل شد. به منظور حفظ کیفیت و مقدار اسانس، نمونه‌ها بلافاصله پس از توزین وزن تر در سایه و درجه حرارت محیط (۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد) خشک شدند.

اقلیم منطقه با استفاده از میانگین آمار ۱۰ ساله نزدیکترین ایستگاه‌های هواشناسی (تربت‌جام، تربت‌حیدریه، سرخس، گلمکان،

کلات، مشهد و نیشابور) به رویشگاه و با استفاده از فرمول دومارتن (معادله ۱) تعیین شد.

$$\text{ضریب دومارتن} = \frac{\text{میانگین بارندگی سالیانه (میلی‌متر)}}{\text{(میانگین دمای سالیانه (سانتی‌گراد)+۱۰)}} \quad (۱)$$

داده‌های اکولوژیکی، اقلیمی و توپوگرافی با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (تحلیل عاملی)[1] (PCA) و آنالیز خوشه‌ای[2] (CA) تجزیه و مؤلفه‌های اصلی مؤثر در تفکیک رویشگاه‌های مورد بررسی مشخص شد. آنالیز خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌تواند با شناسایی هر چه بهتر عوامل متنوع وابسته‌ای که در تجزیه ویژگی‌های مورفولوژیکی و خصوصیات رویشگاهی گونه‌های مورد بررسی مؤثر هستند، به منظور تعیین تشابه رویشگاه‌های یک گونه مورد استفاده واقع شود (Hasanzade Navrudi et al., 2003). در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مقادیر ویژه ماتریس تشابه با تبعیت از یک روند نزولی تفکیک شده و لذا روند نزولی تغییرات، بیانگر مؤلفه‌های متناظر در ماتریس خواهند بود. در صورتی‌که موقعیت عامل مورد نظر در محورهای اولیه تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعیین شود، درصد تغییرات مرتبط با آن عامل مشخص شده و تعداد زیادی متغیر وابسته، به تعداد معدودی متغیر مستقل کاهش خواهد یافت که بیشترین تأثیر را بر خصوصیت مورد مطالعه داشته‌اند. برای تعیین مؤلفه‌های اصلی با استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی گونه‌های موجود در هر رویشگاه نیز از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شده و مهمترین مؤلفه‌های مؤثر بر گونه مورد نظر تعیین شد. بدین صورت که معیار تعیین تشابه برای شش منطقه مورد بررسی عبارت از ویژگی‌های منطقه (ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب منطقه)، اقلیم (متوسط درجه حرارت سالیانه، میانگین بارندگی سالیانه، رطوبت نسبی) و مورفولوژی گیاه (قطر تاج پوشش، ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک تک بوته، تعداد ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، تعداد گل، قطر کاسبرگ، نسبت وزن خشک برگ به ساقه، تعداد گره در ساقه، تعداد گره گلدار در ساقه، تعداد بذر در بوته و تعداد بذر در گل) بود. برای هر گروه از خصوصیات مورد بررسی به طور جداگانه نیز آنالیزهای PCA و CA انجام و نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی نمودار بای‌پلات نشان‌داده شد. نرم‌افزار مورد استفاده در این آزمایش Minitab Ver.15 بود.

1- Principal component analysis
2- Cluster analysis

نتایج و بحث

نتایج بررسی‌های انجام شده نشان داد که رویشگاه‌های مورد بررسی در دو گروه اقلیمی خشک (گلمکان، زشک، بزد و بزنگان) و نیمه‌خشک (کلات و بزق) قرار داشتند. در میان این شش رویشگاه، بزد تربت‌جام با ۱۷۶ میلی‌متر و بزق تربت‌حیدریه با ۲۷۵ میلی‌متر بارندگی، به ترتیب کمترین و بیشترین میانگین بارش سالیانه را داشته و زشک و بزنگان به ترتیب با دمای ۱۲/۶ و ۱۷/۸ درجه سانتی‌گراد خنک‌ترین و گرم‌ترین رویشگاه‌ها بودند.

PCA و CA بر اساس خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی: آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مورد ارزیابی در رویشگاه‌های شش‌گانه گل اروانه بزقی نتایجی به صورت جدول ۱ داشت. در این نوع تجزیه آماری محورهای نمودار بر اساس درجه اهمیت و دارا بودن بیشترین سهم از مقدار ویژه، با عنوان مؤلفه‌های اول و دوم مشخص شد (شکل ۲)، به طوری‌که مؤلفه‌های اول و دوم در تفکیک رویشگاه‌ها بر اساس اطلاعات هواشناسی (میانگین دما، میانگین بارندگی سالیانه، رطوبت نسبی و اقلیم) و خصوصیات توپوگرافی (ارتفاع از سطح دریا و درصد شیب) وارد شده به نرم‌افزار، سهمی معادل ۵۴/۵ و ۲۶/۵ درصد داشت (جدول ۱).

مجموع مؤلفه‌های اول، دوم و سوم نیز با سهمی معادل ۱۲/۶ درصد و تا ۹۳/۶ درصد بر تفکیک رویشگاه‌ها تأثیرگذار بود. بالاترین میزان بار یا سهم مؤلفه اول مربوط به نوع اقلیم با ۰/۵۳ بار مثبت و سپس دو پارامتر میانگین بارندگی سالیانه و رطوبت نسبی به ترتیب با سهمی معادل ۰/۴۵ و ۰/۴۱ مثبت و دمای سالیانه با سهمی معادل ۰/۴۶ منفی متغیرهای مؤثر بر تفکیک رویشگاه بودند (جدول ۲، شکل ۲).

بیشترین بار مؤثر بر مؤلفه دوم، درصد شیب، با سهم ۰/۷۶ بود و سایر پارامترها به میزان مشابهی بر بارگیری مؤلفه‌های اصلی تأثیر داشتند.

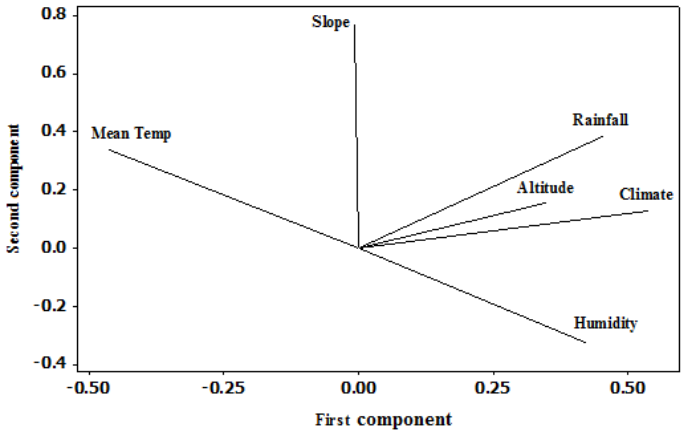
مؤلفه سوم نیز به شدت (۰/۸۵-) متأثر از ارتفاع از سطح دریا بوده و بار سایر شاخص‌ها بر این مؤلفه مشابه و بسیار ناچیز بود.

رویشگاه‌های مورد بررسی گونه گل اروانه بزقی از نظر مؤلفه اصلی اول و دوم در فاصله‌ای مطابق شکل ۳ قرار دارند.

جدول ۱- نتایج همبستگی پیرسون و مقادیر ویژه بین متغیرهای محیطی و مؤلفه‌های اصلی در آنالیز PCA در رویشگاه‌های گل اروانه بزقی

Table 1- The eigenanalysis of the correlation matrix result of based on Pearson distance, single linkage amalgamation steps by PCA in habitat of Gol-e-Arvaneh Bezghi

	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
مقدار ویژه Eigenvalue	3.2692	1.5917	0.7572	0.2561	0.1257	0.0000
همبستگی Correlation	0.545	0.265	0.126	0.043	0.021	0.000
همبستگی تجمعی Cumulative	0.545	0.810	0.936	0.979	1.000	1.000



شکل ۲- بارگیری مؤلفه‌های اول و دوم بر اساس خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی

Fig. 2- The loading of first and second components based on topographic and climatic characteristics of habitat of Gol-e-Arvane Bezghi

جدول۲- مقادیر ویژه و مقدار بار (سهم) مؤلفه‌های اصلی در رویشگاه‌های گل اروانه بزقی

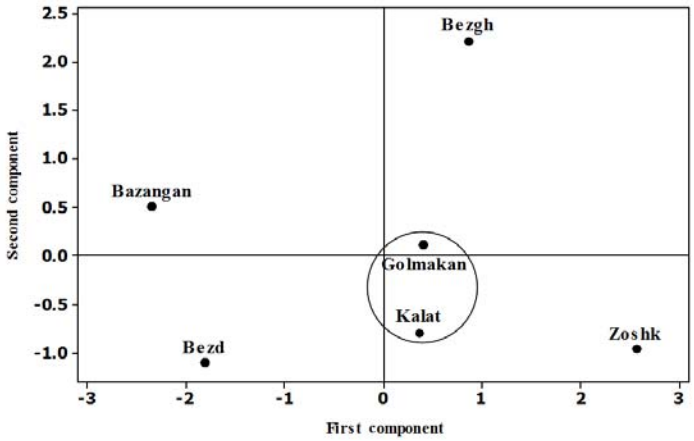
Table 2- The eigenanalysis and loading content of principal components in habitat of Gol-e-Arvane Bezghi

متغیرها Variables	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4
ارتفاع Altitude	0.347	0.157	-0.847	0.309
میانگین دما Mean temperature	-0.463	0.342	0.067	0.463
رطوبت نسبی Relative humidity	0.418	-0.323	0.405	0.730
میانگین بارندگی سالیانه Annually mean rain	0.452	0.386	0.296	-0.318
اقلیم Climate	0.535	0.132	0.043	-0.098
درصد شیب Slope percent	-0.008	0.767	0.157	0.215

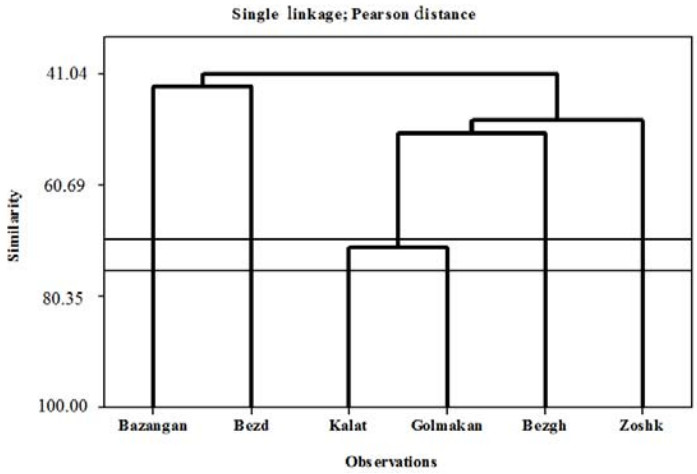
نتایج حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی نشان داد که هر چند دو رویشگاه گلمکان و کلات از نظر مؤلفه دوم دارای بارهای متفاوت مثبت و منفی هستند، اما در بارگیری مؤلفه اصلی دارای مقادیر مثبت و مشابه بوده و لذا می‌توان این دو رویشگاه را در یک گروه قرار داد.بر این اساس، سایر رویشگاه‌های مورد مطالعه تشابهی در خصوصیات اقلیمی و توپوگرافی نداشته و در گروه‌های جداگانه‌ای قرار گرفتند.

این نتایج نشان داد که اثر ارتفاع از سطح دریا بر مؤلفه اول و دوم بسیار ناچیز بوده و تأثیری بر طبقه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی نداشت.

همان‌گونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود نتیجه آزمایش خوشه‌ای بر مبنای فاصله پیرسون نشان می‌دهد که انشعاب مربوط به دو رویشگاه گلمکان و کلات با سطح تشابه ۷۱ درصد در یک خوشه قرار گرفته، ولی در سطح تشابه ۷۵ درصد، رویشگاه‌ها در شش گروه مجزا قرار گرفته‌اند، که این نتایج با نتایج آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مشابهت دارد. بیشترین فاصله بین رویشگاه‌های این گونه در مؤلفه اول برای رویشگاه زشک و در مؤلفه دوم برای رویشگاه بزق مشاهده شد. بر اساس آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی این سهم برای رویشگاه بزق و زشک به ترتیب ۲/۶ و ۲/۳ مثبت بود.



شکل ۳- گروه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
Fig. 3 - Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on topographic and climatic characteristics variables by PCA



شکل ٤- گروه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس خصوصیات توپوگرافی و اقلیمی با استفاده از آنالیز خوشه‌ای
Fig. 4- Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on topographic and climatic characteristics variables by CA

PCA و CA بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی گونه

نتایج آنالیز خصوصیات مورفولوژیکی و تراکم گونه گل اروانه بزقی در رویشگاه‌های مختلف با روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی مطابق جدول ۳ بود. این نتایج نشان داد که مقادیر ویژه برای مؤلفه‌های اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب ۸/۰۵، ۳/۴۷، ۱/۸۴ و ۱/۲۷ بود که مجموعاً بیش از ۹۷ درصد از تغییرات گونه را در رویشگاه کنترل نمودند. بر این اساس مؤلفه اول ۵۴ درصد و مؤلفه دوم ۲۳ درصد از تغییرات را کنترل نموده و مؤلفه سوم و چهارم مجموعاً ۲۰ درصد از سهم تغییرات را به خود اختصاص دادند.

همان‌گونه که در جدول ۴ و شکل ۵ مشاهده می‌شود، مؤلفه اول بارگیری مثبتی معادل ۰/۳۴۵ از وزن خشک برگ داشته و بار مثبت مؤلفه دوم از تعداد ساقه و به مقدار ۰/۳۶۳ بود. در میان شاخص‌های مؤثر بر مؤلفه‌های اصلی شاخص تراکم بوته در هکتار دارای بالاترین بار منفی برای هر دو مؤلفه بود. مؤلفه‌های سوم و چهارم به ترتیب به مقدار مثبت ۰/۳۲۴ و ۰/۳۷۷ متأثر از تعداد گره گلدار و تعداد گل در گره بودند. مؤلفه‌های پنجم تا پانزدهم نیز تأثیر معنی‌داری بر تفکیک رویشگاه‌ها بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی ارزیابی شده نداشتند.

جدول ۳- مقادیر ویژه ماتریس همبستگی پیرسون با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی و تراکم گل اروانه بزقی
Table 3- Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on total measureding variables by CA

	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6
مقدار ویژه Eigenvalue	8.0579	3.4740	1.8476	1.2807	0.3398	0.0000
همبستگی Correlation	0.537	0.232	0.123	0.085	0.023	0.000
همبستگی تجمعی Cumulative	0.537	0.769	0.892	0.977	1.000	1.000

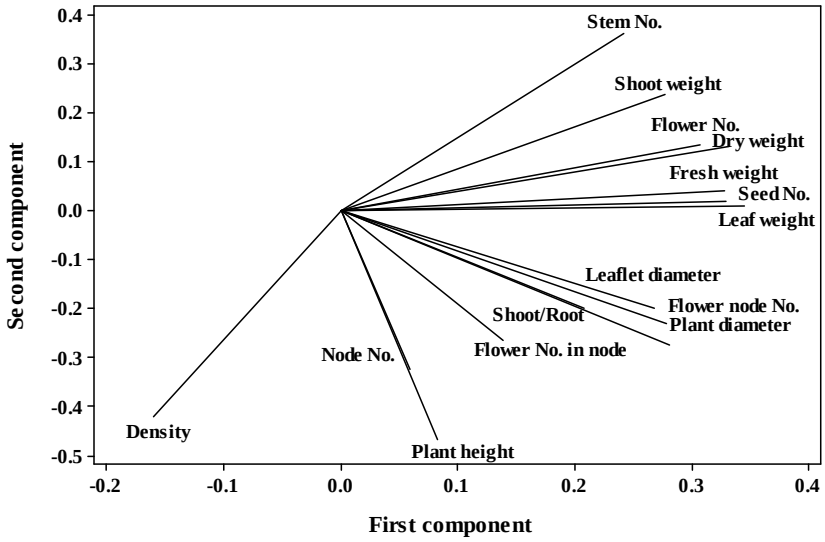
جدول ٤- مقادیر ویژه و مقدار بار مؤلفه‌های اصلی بر اساس متغیرهای خصوصیات مورفولوژیکی و تراکم گل اروانه بزقی
Table 4- The eigenvalue and load content of principal components based on morphological characteristics and plant density of Gol-e-Arvane Bezghi

متغیرها Variables	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	متغیرها Variables	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4
تراکم Plant density	-0.160	-0.421	-0.093	0.282	تعداد ساقه Shoot number	0.241	0.363	-0.123	0.188
قطر بوته Plant diameter	0.281	-0.273	0.137	0.225	تعداد گره Node number	0.058	-0.324	0.433	-0.452
ارتفاع بوته Height plant	0.083	-0.466	0.211	0.243	تعداد گره گلدار Number of flower node	0.278	-0.230	0.098	0.324
وزن تر بوته Plant fresh weight	0.327	0.041	0.255	-0.069	تعداد گل در گره Number of flower in node	0.139	-0.263	-0.547	-0.063
وزن خشک بوته Plant dry weight	0.332	0.132	0.163	-0.014	قطر کاسبرگ Leaflet diameter	0.267	-0.199	-0.289	0.117
وزن خشک ساقه Shoot dry weight	0.277	0.237	0.281	0.140	تعداد گل در بوته Flower number per plant	0.308	0.135	-0.272	0.167
وزن خشک برگ Leaf dry weight	0.345	0.010	0.095	-0.108	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	0.329	0.019	-0.180	-0.230
نسبت وزن خشک برگ به ساقه Leaf dry weight to shoot dry weight ratio	0.208	-0.199	-0.218	-0.576	تعداد ساقه Shoot number	0.241	0.363	-0.123	0.188

رویشگاه‌های شش گانه، بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی گل اروانه بزقی با استفاده از آنالیز تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به صورت شکل ۶ و با روش آنالیز خوشه‌بندی مطابق شکل ۷ طبقه‌بندی شدند. در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، دو رویشگاه بزد تربت‌جام و بزنگان در یک گروه قرار گرفته و در دارای بار منفی مؤلفه‌های اول و دوم هستند. هر چند کلات نیز در همین قطب قرار دارد لیکن از بار منفی کمتری برای مؤلفه اول و بار منفی بیشتری برای مؤلفه دوم برخوردار است. در میان رویشگاه‌های مورد بررسی، گلمکان بیشترین اختلاف را از نظر بارگیری مؤلفه‌های اصلی و دوم داشته و با فاصله بیشتری از سایر رویشگاه‌ها در قطب مثبت نمودار واقع است.

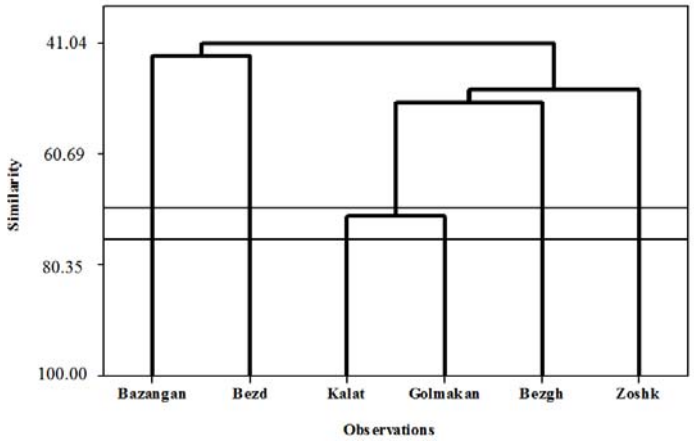
مقایسه شکل‌های ۶ و ۷ بیانگر عدم تشابه در نحوه تفکیک رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی گونه است. اگر در تجزیه خوشه‌ای شاخص تشابه ۷۵ درصد باشد، تعداد شش خوشه اصلی و اگر شاخص تشابه ۵۰ درصد باشد چهار خوشه اصلی خواهیم داشت. هر چند که نتایج خوشه‌بندی سه رویشگاه بزد، بزنگان و کلات را در یک خوشه قرار داده است، لیکن درصد تشابه بین رویشگاه کلات کمتر از بزد و بزنگان تعیین شده است. در هر دو نوع روش تجزیه، مقادیر بارگیری برای مؤلفه اصلی اول در رویشگاه‌های گلمکان و زشک مثبت و بیشتر از سه بوده و این دو رویشگاه را منشعب از یک شاخه دانسته است.

PCA و CA بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی گونه، توپوگرافی و اقلیم: اما نتایج تجزیه PCA برای کلیه متغیرهای مورد بررسی (ویژگی‌های گیاهی و خصوصیات محیطی) رویشگاه‌های مختلف گل اروانه بزقی، از نظر مقدار ویژه در بارگیری مؤلفه اصلی اول و دوم مطابق جدول ۵ و شکل ۸ بودند.



شکل ۵- بارگیری مؤلفه‌های اول و دوم بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی و تراکم گل اروانه بزقی در شش رویشگاه

Fig. 5- The loading of first and second principal components based on morphological characteristics and plant density of Gol-e-Arvane Bezghi in six habitats

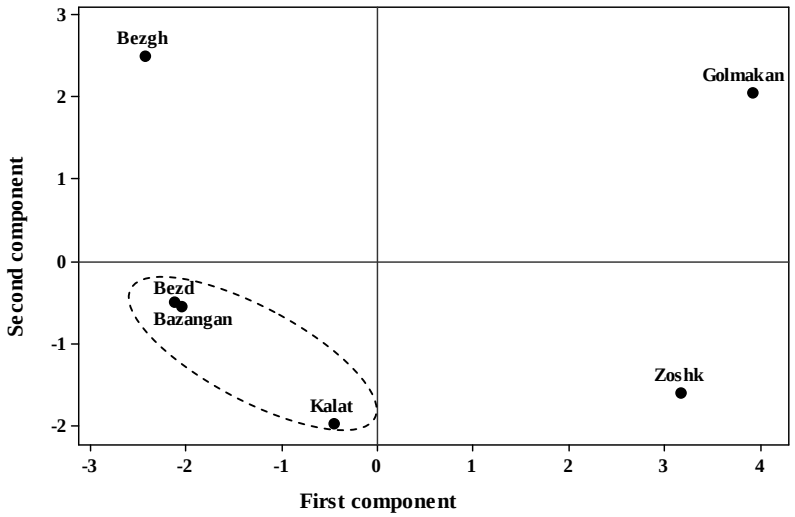


شکل ٦- گروه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی و تراکم گونه با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Fig. 6- Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on morphological characteristics and plant density by PCA

جدول ۵ نشان می‌دهد که بالاترین درصد تغییرات مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌ها، به وسیله مؤلفه اصلی اول با ۴۹ درصد با سهم بارگیری مثبت معادل ۱۱/۷ و مؤلفه اصلی دوم با ۲۲ درصد و سهم بارگیری مثبت ۵/۳ به وجود آمد. بر اساس این جدول، چهار مؤلفه اول ۹۵ درصد از تغییرات مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌ها را به خود اختصاص داده و ۲۰ مؤلفه دیگر تأثیر معنی‌دار و مؤثری در بارگیری عوامل مورد مطالعه نداشتند.

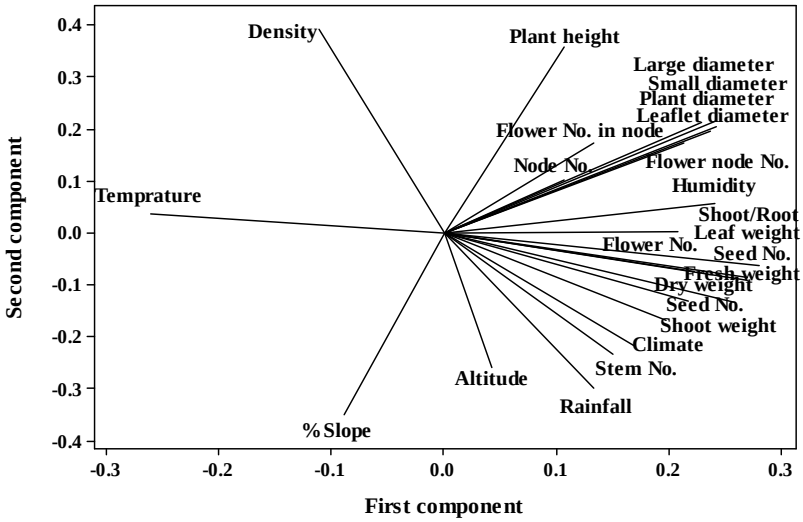
نتایج جدول ۶ نیز نشان می‌دهد که وزن خشک برگ، وزن تر بوته، تعداد بذر در بوته، وزن خشک بوته، قطر بوته و رطوبت نسبی محیط به ترتیب با بار مثبت ۰/۲۸۱، ۰/۲۷۰، ۰/۲۶۹، ۰/۲۵۹، ۰/۲۴۲ و ۰/۲۴۱ بیشترین تأثیر را بر مؤلفه اصلی اول و تراکم بوته در هکتار و ارتفاع بوته به ترتیب با مقدار ۰/۳۹۳ و ۰/۳۵۹ بیشترین تأثیر را بر مؤلفه دوم داشتند.



شکل۷- گروه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس خصوصیات مورفولوژیکی و تراکم گل اروانه بزقی با استفاده از آنالیز خوشه‌ای
Fig. 7- Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on total measuring variables by CA

جدول ۵- مقادیر ویژه ماتریس همبستگی پیرسون با استفاده از آنالیز مؤلفه‌های اصلی بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در رویشگاه
Table 5- The eigenvalue of Pearson regression matrix based on total measuring variables in habitats by PCA

	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	PC_6	PC_7
مقدار ویژه Eigenvalue	11.723	5.269	3.352	2.612	1.044	0.000	0.000
همبستگی Correlation	0.488	0.220	0.140	0.109	0.043	0.000	0.000
همبستگی تجمعی Cumulative	0.488	0.708	0.848	0.957	1.000	1.000	1.000



شکل ۸- بارگیری مؤلفه‌های اول و دوم بر اساس کلیه ویژگی‌های رویشگاه و گیاه مورد بررسی
Fig. 8- The loading of the first and the second principal component based on total habitat and plant characteristics

نتـایج تحقیقـات تبریـزی (Tabrizi, 2008) بـر روی آویشـن خراسانی (*Thymus transkaspikus* L.) نیز نشان داد که وزن تـر و خشک بوته بیشترین تأثیر را بـر مؤلفـه‌هـای اصـلی داشـته و از نظـر سهمی کـه در بـار مؤلفـه اصـلی اول و دوم داشـتند، عامـل تفکیـک رویشگاه‌ها بودند.

بنابراین، تأثیر این عوامل بر تفکیک رویشگاه‌ها به صورت شـکل ۹ بود. دو رویشگاه بزد و بزنگان در یک گروه و سایر رویشـگاه‌هـا بـا فاصله بیشـتر و در گـروه‌هـای متفـاوتی قـرار گرفتنـد. نتـایج تجزیـه خوشه‌ای با سطح تشابه بیش از ۵۰ درصد، کلیه رویشگاه‌هـا را کـاملاً متمایز از هم دانسـت (شـکل ۱۰)، ولـی در سـطح تشـابه ۵۱ درصـد رویشگاه‌های بزد و بزنگان را منشعب از یک شاخه و زشک و گلمکان را در سطح تشابه ۳۵ درصد، منشـعب از شـاخه دیگـر تفکیـک کـرده است. که این نتایج با نتایج حاصل از تجزیـه مؤلفـه‌هـای اصـلی نیـز تطابق کامل دارد.

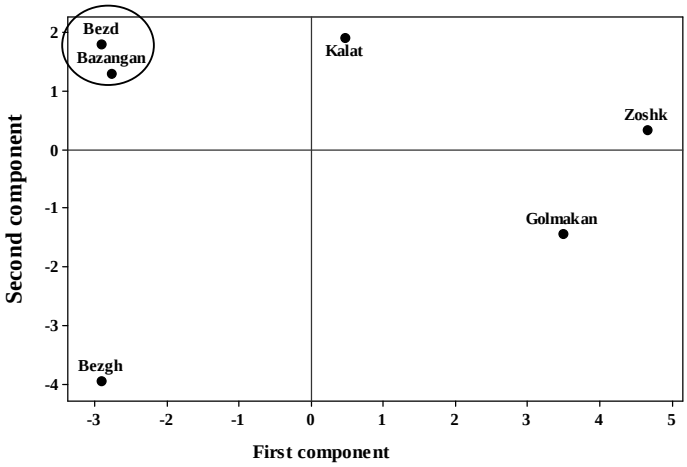
تجزیه مؤلفه‌های اصلی به طور جداگانه بـرای هـر یـک از شـش منطقه مورد بررسی بیانگر این بود کـه در منطقـه زشـک و گلمکـان مؤلفه اصلی اول بیشترین تأثیرپذیری را از تعداد گل در بوته و درصـد شیب، منطقه بزد و بزنگان بیشترین تأثیر بر مؤلفه اصلی اول و دوم را از متغیر ارتفاع از سطح دریا و اقلیم، تعداد بذر در بوته و وزن تـر تـک بوته دریافت کردند. در دو رویشگاه بزق و کلات نیز مهمترین عوامـل مؤثر بر مؤلفه اصلی اول و دوم به ترتیب ارتفاع از سـطح دریـا، بافـت خاک و وزن تر بوته بود.

همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود از میان کلیـه صـفات مورد بررسی، وزن خشک برگ، وزن تر بوته و تعداد بذر تک بوته بـر مؤلفه اصلی اول، تراکم و ارتفاع بوته بر مؤلفه اصلی دوم، تعداد گره و اقلیم بر مؤلفه سوم و تعداد گره بر مؤلفه اصلی چهارم بیشـترین تـأثیر مثبت را داشتند.

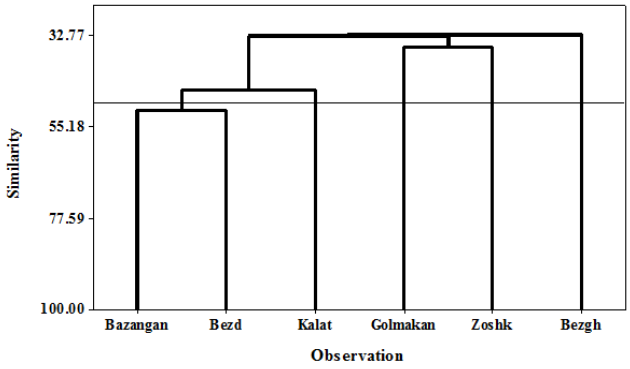
جدول ٦- مقادیر ویژه و مقدار بار مؤلفه‌های اصلی بر اساس کلیه خصوصیات رویشگاه‌ها و صفات مورفولوژیکی گل اروانه بزقی

Table 6- The eigenvalue and load content of principal components based on total characteristics of Gol-e-Arvane Bezghi in six habitats

متغیرها variables	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5	متغیرها variables	PC_1	PC_2	PC_3	PC_4	PC_5
ارتفاع Altitude	0.043	-0.257	0.181	-0.422	-0.231	وزن خشک بوته Plant dry weight	0.259	-0.134	-0.155	0.122	0.003
میانگین دما Mean temperature	-0.262	0.038	-0.068	0.124	0.360	وزن خشک ساقه Shoot dry weight	0.197	-0.169	-0.264	0.247	0.022
رطوبت نسبی Relative humidity	0.241	0.058	0.264	-0.043	0.242	وزن خشک برگ Leaf dry weight	0.281	-0.061	-0.076	0.072	0.151
میانگین بارندگی سالیانه Annually mean rain	0.133	-0.300	0.234	0.220	-0.084	نسبت وزن خشک برگ به ساقه Leaf dry weight to shoot dry weight	0.208	0.003	0.284	-0.231	0.277
اقلیم Climate	0.169	-0.217	0.333	0.024	-0.207	تعداد ساقه Shoot number	0.150	-0.232	-0.356	-0.097	-0.058
درصد شیب Slope percent	-0.088	-0.350	-0.034	0.195	0.392	تعداد گره Node number	0.106	0.103	0.399	0.319	0.110
تراکم Plant density	-0.111	0.393	0.067	-0.017	0.156	تعداد گره گلدار Number of flower node	0.236	0.197	-0.116	0.072	-0.278
قطر بزرگ بوته Large plant diameter	0.230	0.213	-0.080	0.183	-0.180	تعداد گل در گره Number of flower in node	0.133	0.175	0.075	-0.484	-0.038
قطر کوچک بوته Small plant diameter	0.243	0.205	-0.073	0.042	0.250	قطر کاسبرگ Leaflet diameter	0.214	0.174	-0.136	-0.193	0.371
قطر بوته plant diameter	0.242	0.216	-0.080	0.129	-0.005	تعداد بذر در گل Seed number per flower	0.217	-0.130	0.324	0.027	0.058
ارتفاع بوته Height plant	0.107	0.359	0.111	0.167	-0.262	تعداد گل در بوته Flower number per plant	0.222	-0.074	-0.278	-0.225	-0.015
وزن تر بوته Plant fresh weight	0.270	-0.090	-0.063	0.183	-0.065	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	0.269	-0.086	-0.031	-0.174	0.165



شکل ۹- گروه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس کلیه متغیرهای اندازه‌گیری شده با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی
Fig. 9- Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on total measuring variables by PCA



شکل ۱۰- گروه‌بندی رویشگاه‌های گل اروانه بزقی بر اساس کلیه متغیرهای اندازه‌گیری شده با استفاده از آنالیز خوشه‌ای
Fig. 10- Habitat classification of Gol-e-Arvane Bezghi based on total measuring variables by CA

اطلاعات موجود چنین بیان می‌کند که مؤثرترین عامل در تفکیک رویشگاه‌های این گیاه به شدت متأثر از خصوصیات مورفولوژیکی بوده و لذا برای حفاظت و بقای نسل این گونه دارویی در رویشگاه‌های نیاز به اقدامات حفاظتی می‌باشد.

نتایج این ارزیابی نشان می‌دهد که مهمترین عامل مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌های گل اروانه بزقی، متغیر اقلیم بود که بیشترین بار مثبت را بر مؤلفه اصلی اعمال کرد. بنابراین، با معیار تشابه ۷۰ درصد، رویشگاه‌ها به پنج دسته متمایز تفکیک شدند که دو رویشگاه گلمکان و کلات در یک خوشه قرار گرفتند. متغیرهای مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌ها که بیش از ۹۷ درصد از واریانس تغییرات اکولوژیکی را به خود اختصاص دادند چهار گروه اکولوژیک را برای این گونه مشخص کردند که مهمترین این متغیرها وزن خشک برگ با تعداد ساقه در بوته ، تعداد گره و تعداد گره گلدار بودند.

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که گل اروانه بزقی بر اساس صفات مورفولوژیک اکوتیپ‌ها از تنوع بین رویشگاهی برخوردار بوده و مهمترین عامل مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌ها، وزن خشک برگ در بوته برای مؤلفه اول بود. نتایج مطالعات تبریزی (Tabrizi, 2007) در تفکیک رویشگاه‌های آویشن خراسانی نیز نشان داد که تنها چهار عامل بر مؤلفه اصلی اول و دوم بیشترین بار و تأثیرگذاری مثبت را داشته و عامل ایجاد بیشترین درصد تغییرات در بین متغیرهای مورد مطالعه بودند.

جدول ۷- مقادیر ویژه و مقدار بار مؤلفه‌های اصلی بر اساس کل متغیرهای گونه و رویشگاه‌ها

Table 7- The eigenvalue and load content of principal components based on total characteristics of species and habitats

مؤلفه‌ها Components	توصیف Description	مؤلفه‌ها Components	توصیف Description
PC_1	وزن خشک برگ، وزن تر بوته و تعداد بذر تک بوته Leaf dry weight, plant fresh weight and seed number per plant	PC_{13}	قطر بزرگ بوته Large plant diameter
PC_2	تراکم و ارتفاع بوته Plant density and height	PC_{14}	وزن خشک ساقه Shoot dry weight
PC_3	تعداد گره و اقلیم Node number and climate	PC_{15}	اقلیم Climate
PC_4	تعداد گره Node number	PC_{16}	قطر کاسبرگ Leaflet diameter
PC_5	درصد شیب، قطر کاسبرگ و میانگین دما Slope percent, leaflet diameter and mean temperature	PC_{17}	تعداد بذر تک بوته Seed number per plant
PC_6	قطر کوچک بوته Small diameter of plant	PC_{18}	درصد شیب Slope percent
PC_7	ارتفاع از سطح دریا Altitude	PC_{19}	رطوبت نسبی Comparative humidity
PC_8	تراکم بوته Plant density	PC_{20}	قطر کاسبرگ Leaflet diameter
PC_9	قطر بوته Plant diameter	PC_{21}	قطر بزرگ بوته Large plant diameter
PC_{10}	قطر کوچک بوته و میانگین دما Small diameter of plant and mean temperature	PC_{22}	درصد شیب Slope percent
PC_{11}	رطوبت نسبی Relative humidity	PC_{23}	تعداد گره گلدار Number of flower node
PC_{12}	وزن تر بوته Plant fresh weight	PC_{24}	تعداد گل در بوته Flower number per plant

در نهایت، متغیرهای مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌ها که بیش از ۹۷ درصد از واریانس تغییرات اکولوژیکی را به خود اختصاص دادند چهار گروه اکولوژیک را برای این گونه مشخص کردند که مهمترین این متغیرها وزن خشک برگ، تعداد ساقه در بوته ، تعداد گره و تعداد گره گلدار بودند.

بر این اساس، مهمترین عامل مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌های گل اروانه بزقی، متغیر اقلیم با بیشترین بار مثبت بر مؤلفه اصلی بود. بنابراین، با معیار تشابه ۷۰ درصد، رویشگاه‌ها به پنج دسته متمایز تفکیک شدند که دو رویشگاه بزد و بزنگان در یک خوشه قرار گرفتند. این دو منطقه از اقلیمی خشک برخوردار بوده و در مقایسه با سایر رویشگاه‌ها از تراکم بوته در واحد سطح کمتری برخوردار بودند.

با توجه به این نتایج، گل اروانه بزقی بر اساس صفات مورفولوژیک اکوتیپ‌ها از تنوع بین رویشگاهی برخوردار بوده و مهمترین عامل مؤثر بر تفکیک رویشگاه‌ها، وزن خشک برگ در بوته برای مؤلفه اول بود. زرافشار و همکاران (Zarafshar et al., 2009) نیز اعلام کردند که صفات مورفولوژیک اکوتیپ‌های مختلف داغداغان، متأثر از شرایط محیطی بوده و تغییر این صفات برای یک گونه در نتیجه سازگاری با شرایط اکولوژیک حاصل می‌شود. نتایج مطالعات تبریزی (Tabrizi, 2007) در تفکیک رویشگاه‌های آویشن خراسانی نیز نشان داد که تنها چهار عامل مورفولوژیکی، بر مؤلفه اصلی اول و دوم بیشترین بار و تأثیرگذاری مثبت را بر تفکیک رویشگاه‌ها داشته و عامل ایجاد بیشترین درصد تغییرات در بین متغیرهای مورد مطالعه بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه مؤلفه‌های اصلی، برای هر یک از شش منطقه (به طور جداگانه) مورد بررسی بیانگر این بود که در دو منطقه زشک و گلمکان، مؤلفه اصلی اول، بیشترین تأثیرپذیری را از تعداد گل در بوته و درصد شیب، بزد و بزنگان بیشترین تأثیرپذیری مؤلفه اصلی اول و دوم را از متغیر ارتفاع از سطح دریا، اقلیم، تعداد بذر در بوته و وزن تر بوته دریافت کردند. مهمترین عوامل مؤثر بر مؤلفه

اصلی اول و دوم در دو رویشگاه بزق و کلات نیز به ترتیب ارتفاع از سطح دریا و وزن تر بوته بودند. با توجه به این‌که عوامل محیطی با تأثیر مستقیم بر افزایش رشد رویشی (وزن تر) و زایشی (تعداد بذر در بوته) سبب تغییر جمعیت گونه خواهند شد لذا برای دو رویشگاه بزد و بزنگان که تأثیرپذیری بیشتری از عوامل محیطی داشته و اقلیم و تعداد بذر تولید شده از عوامل اصلی تفکیک این دو رویشگاه بوده است، می‌بایستی برای حفظ جمعیت فعلی گونه و نیز رسیدن به تراکم بوته مناسب، تحت حفاظت و یا قرق طولانی مدت قرار گیرد.

این نتایج بیانگر تأثیر عوامل محیطی بر صفات مورفولوژیکی گونه بوده و با توجه به این‌که گل اروانه، در لیست گونه‌های در معرض تهدید قرار داشته و رویشگاه‌های آن در حال تخریب است، می‌بایستی برای رسیدن به جمعیت مناسب گونه در هر رویشگاه، از برنامه‌های حفاظتی مناسب، از جمله قرق در زمان مناسب و با مدتی متناسب با دوره زاد آوری گونه استفاده نمود.

منابع

1- Akramian, M., Nejad Ebrahimi, S., and Joharchi, M.R. 2007. Essential oil composition of *Hymenocrater platystegius* Rech.f. from Iran. Journal of Essential Oil Bearing Plants 11(2): 199-202.
2- Anonymus. 2010. Available at Web site http://arctos.database.museum/name/ (verified 10 November 2010).
3- Barazandeh, M.M. 2006. Volatile constituents of the essential oil of *Hymenocrater elegans* Bunge. Journal of Aromatic Medicinal Plants Research 13: 1-9.
4- Chatterjee, S.K. 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India- a commercial approach. Proceeding of an International Conference on MAP. Acta Horticulture (ISHS) 576: 191-202.
5- Daryaiee, M. 2007. Miracles Treatment Plants in Iranian Medicine. Publication, Safir-e- Ardehal, Tehran, Iran 416 pp. (In Persian)
6- Delate, K. 2000. Heenah Mahyah Student Farm Herb Trial, Leopold Center for Sustainable Agriculture Annual Reports, Iowa State University, Amesterdam, IA.
7- Firouznia, A., Rustaiyan, A., Nadimi, M., Masoudi, S., and Bigdeli, M. 2005. Composition of the essential oil of (*Hymenocrater calycinus* Bioss.) Benth. From Iran. Journal of Essential Oil Research 17: 527-529.
8- Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction. FAO.
9- Hassanzadeh Navroodi, I., Nomiranian, M., and Zahedi Amiri, G. 2004. Investigation of relationship between quantitative and qualitative characteristics of natural Rush forest habitat factors (Asaalem region). Journal of Natural Resources 2: 235-249.
10- Jalili, A., and Jamzad, Z. 1999. Red Data Book of Iran. Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran p. 748. (In Persian)
11- Khademolhosseini, Z., Shokri, M., and Habibian, S.H. 2007. Effects of topographic and climatic factors on vegetation distribution in Arsanjan Shrublands (case study: Bonab watershed). Journal of Range 3: 221-236. (In Persian with English Summary)
12- Khalifehzadeh, R., and Sepehri, A. 2009. The comparing of species richness and floristic composition of key and critical areas in semi-arid rangeland of Kakouhestan, Qazvin. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 16 (Special issue 1-b): 437-445.
13- Laird, S.A., and Pierce, A.R. 2002. Promoting sustainable and ethical botanicals. Strategies to improve commercial raw material sourcing. Results from the sustainable surveys, case studies and botanicals pilot project. Industry standards collection. New York, Rainforest Alliance.
14- Mozaffarian, V. 1996. A Dictionary of Iranian Plant Names. Publication, Farhang Moaser, Tehran, Iran p. 282-283. (In Persian)
15- Nair, C.T.S., and Merry, F.D. 1995. Status of research on non-wood forest products through agroforestry: issues and strategies. In report of the expert consultation on non-wood forest products, Yogyakarta, Indonezia, 17-27 January. Non-wood forest products 3. FAO, ROM.
16- Pabst, R.J., and Spies, T.A. 1998. Distribution of herb and shrubs in relation to landform and canopy cover in riparian forests of coastal Oregon. Canadian Journal of Botany 76: 298-315.
17- Pears, P. 2001. HDRA Encyclopedia of Organic Gardening. Dorling Kindersley, London.
18- Rechinger, K.H. 1987. Flora Iranica. Labiatae. 1th Eds. Akademische Druck and Verlagsanstalt, Graz, Austria 150:

239-250.

19- Satil, F., Unal, M., and Hopa, E. 2007. Comparative morphological and anatomical studies of *Hymenocrater bitominosus* Fish. and C.A. May. (Lamiaceae) in Turkey. Turkish Journal of Botany 31: 269-275.

20- Schippmann, U., Leaman, D.J., and Cunningham, A.B. 2002. Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: global trends and issues. FAO. Biodiversity and the Ecosystem Approach in Agriculture, Forestry and Fisheries, 12-13 October, Rome.

21- Tabrizi, L. 2008. Ecological characteristics of Khorasan Thyme (*Thymus transcaspicus* Kolkov.) in natural habitats and evaluation of possibility for domestication under low input cropping systems. PhD Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

22- Vogel, H. 2004. Boldo (*Peumus boldus* Mol.)- Exploitation from the wild and domestication studies. Medicinal Plant Conservation 9(10): 21-24.

23- Zahedi-Pour, H., Panahpour, H., Ahmadloo, F., Aghakhani, S., and Yosefi, Y. 2010. Identification, collection, conservation and determination geographical distribution of trees and shrubs genetic resources in Markazi province. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 18(1): 102-114. (In Persian with English Summary)

24- Zarafshar, M., Akbarinia, M., Yosefzade, H., and Sattarian, A. 2009. The survey of diversity in leaf and fruit morphological characters of *Celtis australis* in various geographical conditions. Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research 17(1): 88-99. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 17-32

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۳۲-۱۷

Studding Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) Different Ecotypes at Natural Habitat in Khorasan Razavi Province: Principal Component Analysis

M. Sabet Teimouri[1], A. Koocheki[2*] and M. Nassiri Mahallati[2]

Submitted: 08-01-2011
Accepted: 18-10-2012

Sabet Teimouri, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2016. Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) by principal component analysis. Journal of Agroecology 8(1): 17-32.

Introduction

Hymenocrater from lamiaceae family is a perennial bush with 24 species in the world and 10 different species in natural habitats of Iran (Satil et al., 2007). *Hymenocrater platystegius* Rech. is exclusive to Khorasan province in the North east of Iran (Mozaffarian, 1996). According to available information, %5 of plant species of Iran are becoming extinct, which is 550 times higher than the forecast of the International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. *Hymenocrater* is an important genius of Lamiaceae family.

Hymenocrater belongs to Stachyioideae subfamily and have numerous varieties which are expanded from Iran to Iraq, Pakistan and Afghanistan. This genius has aromatic essential oil and antimicrobial effects. Some researchers has shown different characteristics of its oil components are related to the differences in geographical conditions and habitats of the collecting regions. Moreover, proper management and optimal utilization of natural ecosystems requires sufficient scientific knowledge and understanding. Therefore, domestication and cultivating domestic plant cultivation can reduce harvest pressure on natural areas for rare, slow grower and critically endangered species (Vogel, 2004). In recent years, lower precipitation and land use changes threatened this species seriously. The purpose of this study was to evaluate ecological characteristics of this species, their natural habitat and to evaluate possibilities for domestication in field condition. The aim of this study was to select the best habitats of *Hymenocrater platystegius* Rech. based on ecological and morphological characteristics of species in the natural habitats.

Materials and methods

This experiment was performed during 3 years (2008-2010). For this purpose, 6 habitants (Bezd, Bezgh, Bazangan, Golmakan, Kalat and Zoshk) in Khorasan province of Iran were chosen and all plant criteria, including morphological characteristics (plant height, crown diameter, stem, flower, leaf dry weight to shoot dry weight, number of seeds, plant density, fresh weight and dry weight) and environmental requirements in the natural habitats (annual precipitation average, annual temperature average, relative humidity, climate condition, topographical features (altitude and slope) were investigated. Golmakan area was determined as the base station data for evaluating and recording the phenological stages, because it had a higher plant density and diversity of topographic features. Then, collected data was analyzed using PCA and CA methods.

Results and discussion

In this study, the effects of environmental conditions on morphological and ecological characteristics of *Hymenocerater platystegius* Rech. were observed. Results showed that the natural habitats in the area were highly similar and 4 ecotypes were recognized there. Among 15 plant criteria investigated the leaf dry matter, number of stem per plant, number of nod per stems and the nodes bearing flower contributed to 97% of the variance. Topography and climate analyses showed that climate was the most important factor with +0.55 loading which had the highest impact on the main component. In general, 5 habitats were recognized with 70% similarity in topography and climatic conditions.

1 and 2- Former PhD Student in Crop Ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Academic Member of ACECR and Professors, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

Conclusion

Finally, both Golmakan and Kalat were in one group (had closed similarity in environmental conditions including topography, precipitation, soil texture, elevation, aspects and other habitats were in 5 separate places. These results showed that the environmental factors had more effect on morphological characteristics of this species. Therefore, considering the destruction of natural habitats and extinction conditions for this species, it should have a period proportional to the regeneration period, such as grazing for conservation. As climate change has huge effects on endemic species then domestication could be the best way for their protection and conservation.

Keywords: CA, Ecotype, Medicinal plant, Morphological characteristics, Topography

References

Mozaffarian, V. 1996. A Dictionary of Iranian Plant Names. Farhang Moaser Publishers, Tehran, Iran p. 282-283. (In Persian)

Satil, F., Unal, M., and Hopa, E. 2007. Comparative morphological and anatomical studies of Hymenocrater bitominosus Fish. & C.A.May. (Lamiaceae) in Turkey. Turk Journal of Botany 31: 269-275.

Vogel, H. 2004. Boldo (Peumus boldus Mol.)- Exploitation from the wild and domestication studies. Medicinal Plant Conservation 9(10): 21-24.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 46-33

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 33-46

ارزیابی شاخص‌های رشدی کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

افسانه امین غفوری[1]، پرویز رضوانی مقدم[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و سرور خرم دل[3*]

تاریخ دریافت: 1391/11/23
تاریخ پذیرش: 1392/04/28

امین غفوری، ا.، رضوانی مقدم، پ.، نصیری محلاتی، م.، و خرم دل، س. 1395. ارزیابی شاخص‌های رشدی کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(1): 46-33.

چکیده

کاربرد کودهای زیستی در تولید گیاهان دارویی در نظام‌های کشاورزی پایدار با هدف حذف یا کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و افزایش کیفیت و پایداری عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. به منظور مطالعه اثر کودهای بیولوژیکی و ورمی‌کمپوست بر رشد گیاه دارویی کرچک (*Ricinus communis* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 88-1387 اجرا شد. تیمارها شامل کودهای بیولوژیک نیتروکسین، باکتری حل‌کننده فسفات، ورمی‌کمپوست و شاهد بودند. ورمی‌کمپوست به میزان 10 تن در هکتار همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین به خاک اضافه شد. تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک قبل از کاشت انجام گردید. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته و حداکثر میزان آنالیزهای رشد شامل شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد گیاه و سرعت اسیمیلاسیون خالص و قرائت کلروفیل‌متر کرچک بودند. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف کودی باعث افزایش معنی‌دار ($p\leq0/05$) ارتفاع گیاه و حداکثر میزان آنالیزهای رشدی شامل شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه و قرائت کلروفیل‌متر در مقایسه با شاهد شد. ارتفاع گیاه در ورمی‌کمپوست نسبت به سایر تیمارهای کودی بیشتر بود. حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ در 125 روز پس از سبز شدن به ترتیب برای تیمار ورمی‌کمپوست و شاهد برابر با 2/2 و 0/9 به دست آمد. بیشترین و کمترین مقادیر سرعت رشد محصول در 85 روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار ورمی‌کمپوست و شاهد برابر 16/5 و 7/6 گرم در مترمربع در روز به دست آمد. به طور کلی، تیمارهای کودی با افزایش فراهمی عناصر غذایی و محتوی رطوبتی خاک باعث بهبود خصوصیات رشدی کرچک شد.

واژه‌های کلیدی: باکتری حل‌کننده فسفات، شاخص سطح برگ، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست

مقدمه

از مجموع 1700 گونه گیاه دارویی و صنعتی شناخته شده در کشور به علت عدم شناخت کافی، در حال حاضر حدود 300-200 گونه مورد مطالعه بررسی قرار گرفته و سایر گونه‌های رویش یافته در عرصه‌های طبیعی بدون آن‌که کوچکترین استفاده‌ای از این سرمایه-های بیکران خدادادی صورت پذیرد، در حال نابودی هستند (Omid Beygi, 2005). بنابراین، لازم است سیستم‌های کشاورزی از طریق وارد کردن گیاهان فراموش شده در الگوهای مختلف کاشت زمینه را برای افزایش ثبات تولید و امنیت غذایی بشر فراهم سازند. این گیاهان هنوز می‌توانند منابع بالقوه بسیار ارزشمندی برای آینده باشند. از جمله این گیاهان می‌توان به کرچک (*Ricinus communis* L.) اشاره کرد.

کرچک گیاهی دارویی و چندساله است که به عنوان یک گیاه روغنی از خانواده فرفیون[4] دارای سابقه تاریخی طولانی می‌باشد

1، 2 و 3- به ترتیب دکتری بوم‌شناسی زراعی، استاد و استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezvani@um.ac.ir

4- Euphorbiaceae

(Scarpa, 1972). دانه‌های این گیاه حاوی 40 تا 55 درصد روغن (Medd, 1985)، 27-23 درصد فیبر، 16-12 درصد پروتئین، 7-3 درصد هیدرات کربن، 5-2 درصد فنل و دو درصد خاکستر است (Brigham, 1993). دانه این گیاه دارای خاصیت پاک‌کنندگی عروق و مقوی اعصاب می‌باشد. استفاده از این گیاه برای درمان سردرد، فلج، رعشه و بیماری‌های ناشی از سردی، تنگی نفس، سرفه‌های سرد، دندان درد، سل و رفع دردهای مثانه توصیه شده است (Omid Beygi, 2005).

آگاهی روزافزون از پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی-رویه کودهای شیمیایی به منظور افزایش عملکرد محصولات مختلف در کوتاه مدت و هزینه بالای تولید این کودها موجب ترغیب کشاورزان نسبت به مصرف کودهای آلی و زیستی شده است. از طرفی، تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی به خصوص در شرایط مدیریت اکولوژیک در جهان رو به افزایش می‌باشد (Carrubba, 2002). کشت اکولوژیک گیاهان دارویی، کیفیت آن‌ها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی روی کیفیت دارویی و عملکرد را کاهش می‌دهد (Griffe, 2003). بدین ترتیب، مشخص است که مدیریت کودی عاملی مهم در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی محسوب می‌شود. استفاده از کودهای زیستی برای بهبود تولید کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) (Moradi, 2009)، سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) (Khorramdel, 2008)، بابونه آلمانی (*Matricaria recutita* L.) (Fallahi, 2009)، شوید (*Aniethum graveolens* L.) (Kapoor, 2002)، افسنطین (*Artemisia absinthium* L.) (Kapoor, 2007) در برخی از منابع علمی گزارش شده است. خرم‌دل و همکاران طی مطالعات مختلف (Khorramdel et al., 2008; Khorramdel et al., 2010) اظهار نمودند که کاربرد کودهای بیولوژیک موجب بهبود شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه شد. از جمله فواید همزیستی با این میکروارگانیسم ها می-توان به تولید انواع هورمون های محرک رشد گیاه (نظیر اکسین (Lambrecht et al., 2004)، جیبرلین (Bashan & Holguin, 1997)، سیتوکینین (Cacciari et al., 1989)، ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های گروه ب، اسید نیکوتینیک و پنتوتینیک و بیوتین (Kader, 2002)، بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای، افزایش جذب آب و عناصر غذایی (Kravchenko et al., 1994) و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن (Ishizuka, 1992) اشاره کرد.

استفاده از کودهای آلی نه تنها مقدار کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد، بلکه به ذخیره انرژی و کاهش آلودگی محیط کمک خواهد نمود (Belde et al., 2000). برخی محققین عقیده دارند که مصرف ورمی‌کمپوست از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی و محتوی رطوبتی در خاک افزایش رشد را به دنبال دارد. تحقیقات آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2005) نشان داد که اثرات مثبت ورمی‌کمپوست بر فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاکزی باعث فراهمی عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف می‌شود. عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2008) هم اظهار نمودند که مصرف ورمی کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی، سبب بهبود خصوصیات کمی و کیفی بابونه (*Matricaria recutita* L.) شد.

لذا با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، تأثیر این کودها بر کاهش کیفیت گیاهان دارویی (Omid Beygi, 2005)، افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، همچنین نظر به اهمیت کرچک به عنوان یک گیاه دارویی و صنعتی فراموش شده و نیز عدم وجود اطلاعات مستند و جامع در خصوص واکنش شاخص‌های رشدی این گیاه نسبت به مصرف تیمارهای مختلف کودی، این مطالعه با هدف ارزیابی اثر انواع کودهای آلی بر خصوصیات و آنالیزهای رشدی کرچک در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف ارزیابی شاخص‌های رشدی کرچک تحت تأثیر مصرف نهاده‌های آلی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با طول جغرافیایی 59 درجه و 15 دقیقه تا 60 درجه و 36 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 35 درجه و 43 دقیقه تا 37 درجه و هشت دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا) در سال زراعی 88-1387 به اجرا در آمد. قبل از انجام آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری به صورت تصادفی از عمق 30-0 سانتی‌متر خاک محل اجرای آزمایش انجام شد. خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست نیز قبل از اضافه شدن به خاک تعیین شد که نتایج این خصوصیات در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست

Table 1- Soil physical and chemical characteristics and chemical traits of vermicompost

	بافت Texture	نیتروژن کل Total nitrogen	پتاسیم قابل دسترس Available K	فسفر قابل دسترس Available P	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
خاک Soil	لومی - سیلت Loamy-silt	15.5 ppm	117 ppm	13.2 ppm	1.1	7.76
ورمی‌کمپوست Vermicompost	-	1.5%	1.2%	1.5%	8.2	8.1

تیمارهای آزمایش شامل نیتروکسین، باکتری‌های حل‌کننده فسفات، ورمی‌کمپوست و شاهد (عدم مصرف کود) بودند. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک، 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست همزمان با عملیات آماده‌سازی به خاک اضافه و تا عمق 15 سانتی‌متر خاک به طور کامل مخلوط شد. بذر مورد نیاز جهت کاشت به میزان 170 کیلوگرم در هکتار از باغ گیاهان دارویی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه گردید. جهت تسهیل در چسبیدن مایه تلقیح کودهای بیولوژیک با بذرها، سطح بذرها توسط محلول آب و شکر (10 گرم شکر در 100 گرم آب) خیس شد. پس از اطمینان از خیس شدن بذرها با محلول آب و شکر، در مایه تلقیح خیسانده شده و سپس جهت خشک شدن به مدت دو ساعت در محیط تاریک و خنک قرار داده شدند. عملیات کاشت کرچک در نیمه دوم اردیبهشت ماه روی هفت ردیف چهار متری با فاصله بین و روی ردیف به ترتیب 70 و 50 سانتی‌متر انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یکبار تا آخر فصل رشد (به روش لوله‌ای) انجام شد. به منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها با یکدیگر، آبیاری کرت‌ها به طور جداگانه انجام گرفت. بوته‌ها در مرحله چهار تا شش برگی، برای حصول دستیابی مناسب (28571 بوته در هکتار)، تنک شدند. علف‌های هرز طی دو مرحله پس از سبز شدن تا قبل از مرحله رشد سریع از طریق وجین دستی کنترل شدند. ضمناً در طول فصل رشد، گیاه با هیچ‌گونه آفت و بیماری رو به رو نشد و در نتیجه هیچ‌گونه سم یا آفت‌کشی نیز مورد استفاده قرار نگرفت.

نمونه‌برداری‌های تخریبی به منظور اندازه‌گیری شاخص سطح برگ (LAI)[1] و وزن خشک گیاه از 45 روز پس از سبز شدن، به فاصله هر 21 روز یک‌بار، با حذف اثرات حاشیه‌ای به صورت تصادفی از سطح 1/4 مترمربع انجام شد. در نهایت، شش نمونه‌برداری در طول فصل رشد انجام گرفت. سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Delta-T) تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک ابتدا برگ‌ها از ساقه جدا و به صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. سپس به مدت 48 ساعت در درون آون و دمای 75 درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و پس از آن وزن خشک هر نمونه با استفاده از ترازو (دقت 0/01 گرم) تعیین شد.

به منظور محاسبه سرعت رشد محصول (CGR)[2] و سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR)[3] به ترتیب از معادلات (1) و (2) استفاده شد (Sarmadnia & Koocheki, 2007).

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (2)$$

در این معادلات، CGR: سرعت رشد گیاه (گرم بر مترمربع در روز)، NAR: سرعت جذب خالص گیاه (گرم بر مترمربع در روز)، t_1: زمان نمونه‌برداری اول (روز)، t_2: زمان نمونه‌برداری دوم (روز)، W_1: وزن خشک گیاه در هنگام نمونه‌برداری اول (گرم در مترمربع) و W_2: وزن خشک گیاه در نمونه‌برداری دوم (گرم در مترمربع) می‌باشد.

جهت تعیین عدد کلروفیل‌متر، پنج نمونه‌برداری از 45 روز پس از سبز شدن به فاصله 30 روز یک‌بار در طول دوره رشد انجام شد. بدین منظور، عدد کلروفیل‌متر از قسمت وسط جوان‌ترین برگ توسعه یافته با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر SPAD Minolta-502 قرائت و ثبت شد.

برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار انجام گردید.

1- Leaf area index

2- Crop growth rate

3- Net assimilation rate

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف کودی بر بیشترین مقادیر شاخص‌های رشدی کرچک به ترتیب در جدول‌های 2 و 3 نشان داده شده است.

همان‌گونه که در جدول 2 نشان داده شده است بیشترین میزان ارتفاع ساقه اصلی و آنالیزهای رشدی کرچک شامل شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه کرچک به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفتند ($p\leq0/05$).

ارتفاع بوته: بررسی روند تغییرات ارتفاع ساقه اصلی کرچک در پاسخ به کودهای آلی در طول فصل رشد نشان داد که ارتفاع بوته کرچک در اثر استفاده از کودهای آلی نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت (جدول 2)؛ به طوری‌که در 125 روز پس از سبز شدن بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب برای تیمار ورمی‌کمپوست و شاهد برابر با 130/8 سانتی‌متر و 77/3 سانتی‌متر به دست آمد (شکل 1). میزان افزایش ارتفاع بوته در شرایط تلقیح با نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب برابر با 17 و 37 درصد در مقایسه با شاهد بود (جدول 3).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) بیشترین مقادیر شاخص‌های رشدی کرچک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 2- ANOVA results (mean of squares) for the effects of different fertilizers on the maximum amounts for growth indices of castor bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	میزان تجمع ماده خشک Dry matter accumulation	سرعت رشد گیاه Crop growth rate	قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading
بلوک Replication	2	42.71	0.010	187.99	0.678	7.86
تیمار Treatment	3	7952.50**	0.0904*	37213.46**	32.29**	192.96**
خطا Error	6	30.29	0.004	783.97	1.016	9.918
کل Total	11	-	-	-	-	-

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

* and **: Are significant at 5 and 1 percent probability levels, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین بیشترین مقدار شاخص‌های رشدی کرچک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Comparison means for the maximum amounts for growth indices of castor bean under different fertilizers

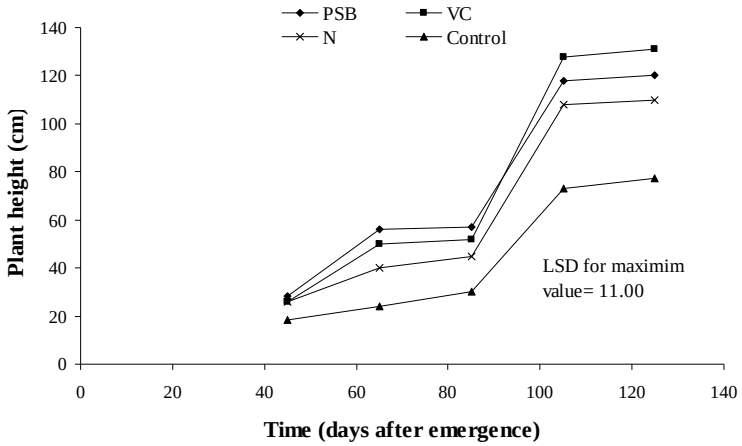
تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	میزان تجمع ماده خشک (گرم در مترمربع) Dry matter accumulation ($g.m^{-2}$)	سرعت رشد گیاه (گرم در مترمربع در روز) Crop growth rate ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading
نیتروکسین Nitroxin	90.47c*	1.63b	529.83b	10.91b	56.38b
حل‌کننده فسفات Phosphate suloblizing	106.00b	1.65b	533.58b	11.08b	59.59ab
ورمی‌کمپوست Vermicompost	130.84a	2.15a	693.32a	16.45a	60.34a
شاهد Control	77.25d	0.88c	459.00b	7.63c	48.87c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0/05$).

* Means with the same letters in each column haven't significant difference at the 5% probability level ($p\leq0.05$).

از آن‌جا که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته بـه محتـوای رطوبتی خاک است، لذا چنین به نظر مـی‌رسـد کـه مصـرف ورمـی-کمپوست با افزایش ظرفیت نگهـداری رطوبـت در خـاک (Singer, 2007) باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر از نظر ذخیره رطوبتی در مقایسه با سایر تیمارها برای رشد کرچک شده کـه در نهایـت ارتفـاع بوتـه را بهبود بخشیده است. منـابع متعـددی (Atiyeh, 2002; Gutiérrez-Miceli, 2008) نیز به نقش بهبود دهنده ورمی‌کمپوسـت در ذخیـره آب در خاک اشاره کرده‌اند. همچنین به نظر می‌رسد که باکتری‌هـای تحریک کننده رشد از طریق ترشح هورمون‌های مختلـف گیـاهی بـا تأثیر بر نفوذپذیری سلول‌های ریشه، مقاومت روزنه‌ای، روابـط آبـی و سرعت رشد گیاه را در مقایسه با شاهد بهبود بخشیده‌انـد (Bashan, 2005). عزیزی (Azizi, 2008) بیـان کـرد کـه اثـر کـاربرد سـطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر ارتفاع ریحـان (*Ocimnm basilicum* L.) معنی‌دار بود. نتایج مطالعه شـالان (Shaalan, 2005) نشـان داد کـه ارتفاع گیاه گیاه دارویی گاوزبـان اروپـایی (*Borago officinalis* L.) تحت تأثیر کاربرد باکتری حل‌کننده فسفات و کمپوست افزایش یافت. نتایج مطالعه رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) نشـان داد کـه بـالاترین ارتفـاع گیـاه دارویـی مـرزه (*Satureja hortensis* L.) برای تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین، ورمی‌کمپوست برابر با 51 سانتی‌متر مشاهده شد.

شاخص سطح برگ (LAI): در تیمارهای مختلف روند افـزایش شاخص سطح برگ کرچک تا 65 روز پس از سبز شدن کند بود و بعد از آن تا 85 روز پس از سبز شدن روند افزایشی یافت؛ سپس در پایـان فصل رشد به دلیل زرد شدن و ریزش برگ‌ها کاهش یافت. همچنـین زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در طول فصل رشد بـرای تمامی تیمارها نسبتاً همزمان بود که پس از مرحله گلـدهی بـه وقـوع پیوست؛ به طوری‌که بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ کرچـک در 125 روز پس از سبز شدن به ترتیـب در تیمـار ورمـی‌کمپوسـت و شاهد با 2/2 و 0/9 مشاهده شد (شکل 2). همچنـین حـداکثر میـزان تجمع ماده خشک در این زمان بـرای دو تیمـار دیگـر کـودی شـامل تلقیح با نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب برابر بـا 85 و 88 درصد بالاتر از شاهد بود (جـدول 3). از آن‌جـا کـه شـاخص سطح برگ بیان‌کننده میزان تشعشـع فعـال فتوسـنتزی جـذب شـده توسط پوشش گیاهی بوده و سـطح زیـر منحنـی LAI بیـانگر دوام و ماندگاری سطح برگ و در نهایت، نشان‌دهنـده مـدت زمـان فتوسـنتز می‌باشد (Sarmadnia & Koocheki, 2007)، بنابراین، با توجه بـه شکل 2 چنین بر می‌آید کـه تیمارهـای مختلـف کـودی بـا افـزایش فراهمی عناصر غذایی برای رشد گیاه در نتیجه موجب بهبود رشد گیاه شده که در نهایت، افزایش سطح برگ را موجب شده است.



شکل 1- روند تغییرات ارتفاع بوته کرچک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در طول فصل رشد

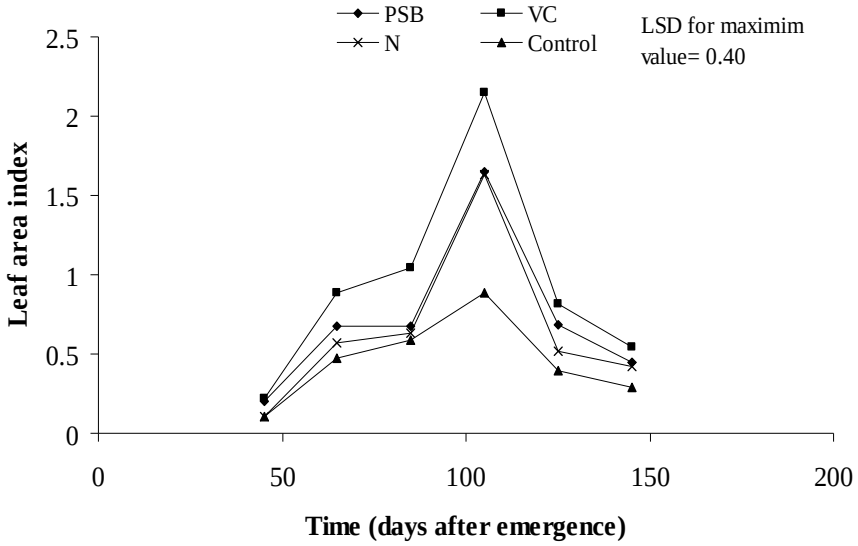
Fig. 1- Trend for plant height of castor bean under different fertilizers during growing season

VC، PSB و N: به ترتیب ورمی‌کمپوست، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین

VC, PSB and N: Are vermicompost, phosphate suloblizing bacteria and nitroxin, respectively.

مقادیر حداکثر میانگین‌ها که تفاوت آن‌ها کمتر از LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq 0/05$).

Means $_{max}$, that the difference between them is lower than the LSD value are not significantly different LSD test ($p\leq 0.05$).



شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ کرچک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در طول فصل رشد

Fig. 2- Trend for leaf area index of castor bean under different fertilizers during growing season

VC، PSB و N: به ترتیب ورمی‌کمپوست، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین

VC, PSB and N: Are vermicompost, phosphate suloblizing bacteria and nitroxin, respectively.

مقادیر حداکثر میانگین‌ها که تفاوت آن‌ها کمتر از LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq 0/05$).

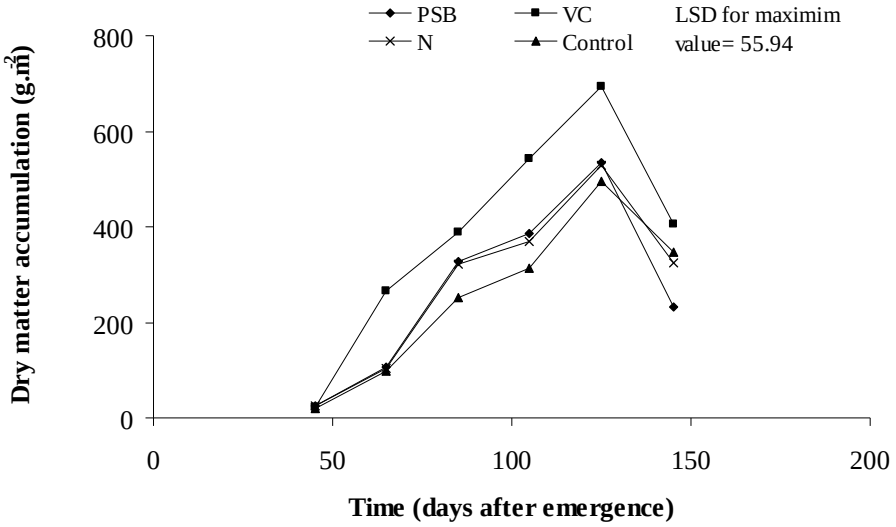
Means $_{max}$, that the difference between them is lower than the LSD value are not significantly different LSD test ($p\leq 0.05$).

قاسمی و موسوی نیک (Ghasemi & Moussavi Nik, 2014) با بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد و کودهای نیتروژنه و گوگردی بر رشد و عملکرد کرچک در منطقه سیستان گزارش نمودند که بیشترین سطح برگ برای اثرات متقابل نیتروکسین+گوگرد حاصل شد. گیوتیرز- میسلی و همکاران (Gutiérrez-Miceli et al., 2008) با انجام آزمایشی مشاهده کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست سبب افزایش تعداد و سطح برگ در مقایسه با شاهد شد که دلیل این امر را به بهبود فراهمی عناصر غذایی و تحریک رشد رویشی مربوط دانستند. آزاز و همکاران (Azzaz et al., 2009) در رازیانه مشاهده کردند که کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین نسبت به کودهای شیمیایی بالاترین خصوصیات رویشی را تولید نمود. نتایج مطالعه آسری (Aseri, 2008) نشان داد که تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و *آزوسپیریلوم* باعث افزایش سطح برگ شد. دی-سیلوا و همکاران (De Silva et al., 2000) اظهار داشتند که سطح برگ نشاهای تلقیح شده با باکتری‌های حل‌کننده فسفات نسبت به شاهد افزایش یافت. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) گزارش نمودند که بیشترین شاخص سطح برگ سیاهدانه در 82 روز پس از سبز شدن برای تیمار تلفیقی میکوریزا+ *آزوسپیریلوم* مشاهده شد که 68 درصد بالاتر از شاهد بود.

روند تجمع ماده خشک (DM)[1]: روند تغییرات ماده خشک کرچک تا 125 روز پس از سبز شدن برای تمام تیمارهای کودی به صورت افزایشی بود و پس از آن در تمام تیمارها به دلیل ریزش برگ‌ها، بذرها (تحت تأثیر شکوفا بودن کپسول‌ها) و سایر اندام‌ها کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک در طول فصل رشد حدود 125 روز پس از سبز شدن به ترتیب برای ورمی‌کمپوست (693/3 گرم بر مترمربع) و شاهد (495 گرم بر مترمربع) به دست آمد که مقدار محاسبه شده نسبت به شاهد 40 درصد بالاتر بود. تلقیح با نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب موجب افزایش 15 و 16 درصدی میزان تجمع ماده خشک در 125 روز پس از سبز شدن در مقایسه با شاهد شد (جدول 3). همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمار ورمی‌کمپوست با سایر تیمارهای کودی مشاهده شد (جدول 3). با توجه به این مطلب که تجمع ماده خشک شاخصی از میزان تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه بوده و نشان دهنده توان جذب عناصر توسط گیاه می‌باشد، چنین به نظر می‌رسد که استفاده از حاصلخیزکننده‌های خاک مانند ورمی-

1- Dry matter accumulation

کمپوست از طریق افزایش درصد ماده آلی و بهبود ساختمان خاک باعث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و قابلیت نگهداری آب در خاک شده و از این طریق باعث افزایش عناصر قابل جذب و بهبود توان فتوسنتزی گیاه شده که را در نتیجه بهبود تجمع ماده خشک در گیاه را به دنبال داشته است. بچمن (Bachman, 2000) گزارش کرد که کاربرد 10 درصد حجمی ورمی‌کمپوست میزان تولید ماده خشک را افزایش داد. مال و پاتیدار (Mal & Patidar, 2004) بیان داشتند که تیمار *آزوسپیریلوم* و حل‌کننده فسفات به دلیل تأثیر مثبت بر رشد گیاه باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی شد. نتایج مطالعه خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) نشان داد که کاربرد کود بیولوژیک (میکوریزا+ *آزوسپیریلوم*) باعث بهبود 72 درصدی میزان تجمع ماده خشک سیاهدانه در مقایسه با شاهد شد.



شکل 3- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک کرچک تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی در طول فصل رشد

Fig. 3- Trend for dry matter accumulation of castor bean under different fertilizers during growing season

VC، PSB و N: به ترتیب ورمی‌کمپوست، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین

VC, PSB and N: Are vermicompost, phosphate suloblizing bacteria and nitroxin, respectively.

مقادیر حداکثر میانگین‌ها که تفاوت آن‌ها کمتر از LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0/05$).

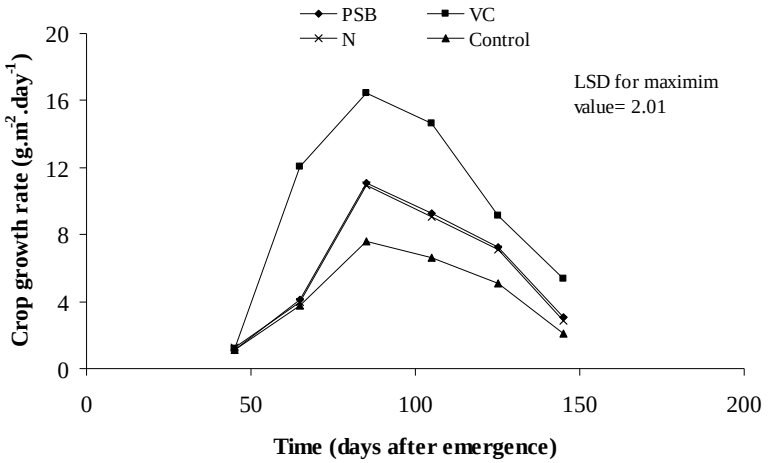
Means $_{max}$, that the difference between them is lower than the LSD value are not significantly different LSD test ($p\leq0.05$).

سرعت رشد گیاه (CGR): سرعت رشد گیاه شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد (Sarmadnia & Koocheki, 2007). شاخص سرعت رشد کرچک در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و جذب درصد کمی از نور خورشید، به طور نسبی پایین بود و با گذشت زمان و افزایش سرعت نمو، توسعه سطح برگ بهبود یافت که این امر احتمالاً کاهش تلفات نوری را به دنبال داشته است. روند افزایش CGR، در تمام تیمارها تا 85 روز پس از سبز شدن افزایش و سپس با نزدیک شدن به مراحل رسیدگی و زرد شدن اندام‌های فتوسنتزی و تخصیص مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی کاهش یافت (شکل 4). بیشترین و کمترین میزان CGR کرچک در 85 روز پس از سبز شدن به ترتیب برای ورمی‌کمپوست و شاهد برابر با 16/5و 7/6 گرم بر مترمربع در روز مشاهده شد. میزان سرعت رشد کرچک در شرایط تلقیح با نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب برابر با 43 و 45 درصد بالاتر از شاهد بود (جدول 3). به نظر می‌رسد که بالاتر بودن سرعت رشد کرچک در تیمار مصرف ورمی‌کمپوست احتمالاً به علت بالاتر بودن شاخص سطح برگ (شکل 2) و متعاقب آن بالاتر بودن میزان تجمع ماده خشک (شکل 3) در مقایسه با سایر تیمارهای کودی باشد. همچنین خواص شیمیایی هیومیک اسید موجود در ورمی‌کمپوست، از طریق افزایش فراهمی عناصر غذایی و تحریک تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (Arancon et al., 2004; Tomati et al., 1987) باعث افزایش فعالیت

میکروارگانیسم‌های خاکزی (Arancon, 2004) شده که به دلیل افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه، در نتیجه بهبود سرعت رشد را به همراه داشته است. بررسی‌های آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2005) نشان دادند که ورمی‌کمپوست از طریق تأثیرات مثبتی که روی فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید در خاک می‌گذارد امکان دسترسی مطلوب به عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را فراهم می‌سازد. دکا و دیلیپ (Deka & Dileep, 2002) نیز طی تحقیقات خود افزایش سرعت فتوسنتز گیاهان را تحت تأثیر تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و *آزوسپیریلوم* گزارش کردند. آن‌ها دلیل این افزایش را به تولید هورمون‌های محرک رشد و بهبود جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن توسط این میکروارگانیسم‌ها نسبت دادند که در نتیجه افزایش سرعت فتوسنتز گیاهان تلقیح شده را به دنبال داشته است. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) بهبود 10 درصدی سرعت رشد سیاهدانه تحت تأثیر تلقیح با کود بیولوژیک میکوریزا+ *آزوسپیریلوم* در مقایسه با شاهد را گزارش نمودند.

سرعت اسیمیلاسیون خالص (NAR): روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص کرچک در تیمارهای کودی تا حدود 65 روز پس از سبز شدن افزایشی و پس از آن مرحله رسیدگی و نزدیک شدن به پایان فصل رشد و مرحله پیری با کاهش سرعت رشد گیاه تحت تأثیر به صورت کاهشی بود؛ به طوری‌که بیشترین و کمترین میزان NAR به ترتیب برای ورمی‌کمپوست برابر با 17/3 گرم در مترمربع در روز و شاهد برابر با 7/6 گرم در مترمربع در روز به دست آمد. میزان NAR کرچک تحت تأثیر تلقیح با نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب برابر با 71 و 86 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (شکل 5). چنین به نظر می‌رسد که با افزایش رشد، به دلیل افزایش تعداد برگ‌های گیاه، سایه‌اندازی افزایش یافته که این امر در نهایت، کاهش سرعت جذب خالص را موجب گردیده است. همچنین، با افزایش سن برگ سرعت فتوسنتز خالص کاهش یافته که این امر نیز افزایش شیب نزولی سرعت جذب خالص را به دنبال داشته است.

قرائت کلروفیل‌متر: از آن‌جا که میزان نیتروژن قابل جذب برای گیاه ارتباط مستقیمی با غلظت کلروفیل برگ‌ها دارد (Bredemeier, 2005)، لذا می‌توان با اندازه‌گیری کلروفیل برگ، وضعیت گیاه را از نظر میزان نیتروژن مورد ارزیابی قرار داد. نتایج این آزمایش نیز نشان داد که قرائت کلروفیل‌متر به مراحل رشد گیاه و میزان فراهمی عناصر غذایی قابل دسترس به خصوص نیتروژن بستگی دارد. در اثر کمبود نیتروژن در گیاه و نزدیک شدن به مرحله پیری، زرد شدن برگ‌ها تحت تأثیر تخریب کلروپلاست افزایش یافته که باعث کاهش قرائت کلروفیل‌متر شده است. به همین دلیل کمترین قرائت کلروفیل‌متر در کل مراحل رشد به تیمار شاهد (فاقد نیتروژن) اختصاص داشت (شکل 6).



شکل 4- روند تغییرات اثر تیمارهای مختلف کودی بر سرعت رشد کرچک در طول فصل رشد

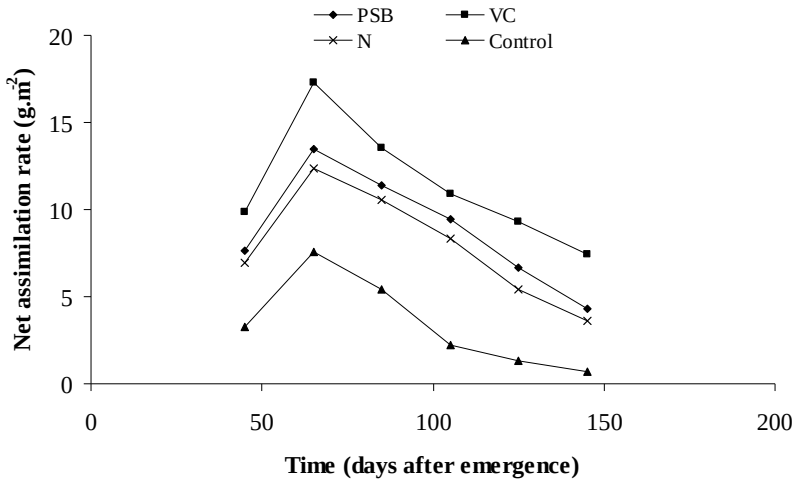
Fig. 4- Trend for plant height of castor bean under different fertilizers during growing season

VC، PSB و N: به ترتیب ورمی‌کمپوست، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین

VC, PSB and N: Are vermicompost, phosphate suloblizing bacteria and nitroxin, respectively.

مقادیر حداکثر میانگین‌ها که تفاوت آن‌ها کمتر از LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤0/05).

Means $_{max}$, that the difference between them is lower than the LSD value are not significantly different LSD test (p≤0.05).



شکل 5- روند تغییرات اثر تیمارهای مختلف کودی بر سرعت جذب خالص کرچک در طول فصل رشد

Fig. 5- Trend for net assimilation rate of castor bean under different fertilizers during growing season

VC، PSB و N: به ترتیب ورمی‌کمپوست، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین

VC, PSB and N: Are vermicompost, phosphate suloblizing bacteria and nitroxin, respectively.

مقادیر حداکثر میانگین‌ها که تفاوت آن‌ها کمتر از LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq 0/05$).

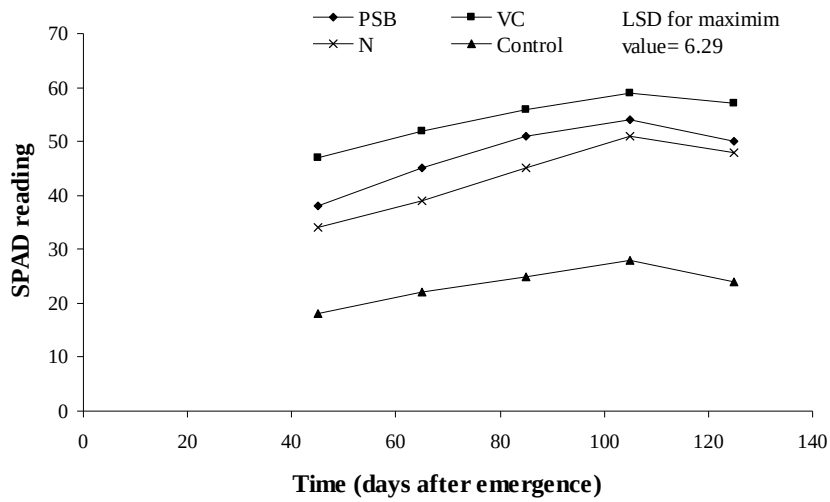
Means $_{max}$, that the difference between them is lower than the LSD value are not significantly different LSD test ($p\leq 0.05$).

در تمامی تیمارها بیشترین میزان قرائت کلروفیل‌متر در مراحل اولیه رشد گیاه مشاهده شد. بیشترین میزان قرائت کلروفیل‌متر برای تیمار ورمی‌کمپوست در 105 روز پس از سبز شدن برابر با 59 مشاهده شد که بیش از 100 درصد بالاتر از شاهد بود. میزان این شاخص برای تیمارهای تلقیح با نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به ترتیب برابر با 82 و 93 درصد بالاتر از شاهد بود. بعد از گذشت 105 روز از سبز شدن گیاه، قرائت کلروفیل‌متر به دلیل نزدیک شدن به مرحله پیری و احتمالاً تخریب کلروفیل‌ها روند کاهشی یافت (شکل 6). نتایج برخی آزمایشات (Wolf, 1988) نشان داده است که همبستگی بالایی (r^2=0/86) بین ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها با محتوی نیتروژن طی مراحل رشدی وجود دارد. لذا به نظر می‌رسد که کاهش ظرفیت فتوسنتزی تحت تأثیر کم شدن محتوی نیتروژن طی مرحله پیری باعث کاهش قرائت کلروفیل‌متر شده است. علاوه بر این، محتوی کلروفیل و میزان نیتروژن نیز همبستگی بالایی (r^2=0/80) دارند. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که کمبود نیتروژن، کاهش 50 درصدی درصد نیتروژن، محتوی کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی گیاه را به دنبال داشت. بردمیر (Bredemeier, 2005) گزارش نمود که افزایش محتوی نیتروژن گیاه، افزایش قرائت کلروفیل‌متر را موجب گردید و با کاهش آن، قرائت کلروفیل‌متر نیز کاهش یافت. از طرفی، از آن‌جا که کمبود فسفر باعث محدودیت انتقال نیتروژن و متابولیسم آن می‌شود (Bredemeier, 2005)، لذا چنین به نظر می‌رسد که جذب نیترات تحت کمبود فسفر تغییر می‌کند. آلام (Alam, 2001) نیز با بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر خصوصیات گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) اظهار نمود که تلقیح با کودهای بیولوژیک *ازتوباکتر* و باکتری‌های حل‌کننده فسفات به دلیل تأثیر مثبت بر بهبود محتوی نیتروژن و جذب نیترات، موجب افزایش محتوای کلروفیل برگ و بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه شد. بدین ترتیب، از آن‌جا که ریشه مرکز ثقل گیاه در خاک محسوب می‌شود (Leithy et al., 2006)، می‌توان با تغییر مدیریت حاصلخیزی خاک تحت تأثیر مصرف نهاده‌های آلی نظیر ورمی‌کمپوست و تلقیح با کودهای بیولوژیک علاوه بر بهبود خصوصیات رشدی، پایداری بوم‌نظام‌ها را تحت تأثیر مصرف این نهاده‌های آلی تضمین نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تیمارهای مختلف کودی بیشترین مقادیر شاخص‌های رشدی کرچک را تحت تأثیر قرار دادند. به طوری‌که مصرف ورمی‌کمپوست با افزایش فراهمی عناصر غذایی، تحریک تولید هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد، افزایش درصد ماده آلی، بهبود ساختمان خاک باعث بهبود رشد ریشه، افزایش قابلیت نگهداری آب در خاک منجر به بهبود آنالیزهای رشدی در مقایسه با شاهد

گردید. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی مناسب، ضمن کاهش خطر آلودگی‌های زیست‌محیطی، مـی‌توانـد در افـزایش شاخص‌های رشدی گیاه دارویی کرچک مؤثر باشد.



شکل 6- روند تغییرات اثر تیمارهای مختلف کودی بر قرائت کلروفیل‌متر کرچک در طول فصل رشد

Fig. 6- Trend for SPAD reading of castor bean under different fertilizers during growing season

VC، PSB و N: به ترتیب ورمی‌کمپوست، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و نیتروکسین

VC, PSB and N: Are vermicompost, phosphate suloblizing bacteria and nitroxin, respectively.

مقادیر حداکثر میانگین‌ها که تفاوت آن‌ها کمتر از LSD می‌باشد، بر اساس آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0/05$).

Means $_{max}$, that the difference between them is lower than the LSD value are not significantly different LSD test ($p\leq0.05$).

منابع

1- Alam, M.S., Cui, Z.J., Yamagishi, T., and Ishii, R. 2001. Grain yield and related physiological characteristics of rice plants (*Oryza sativa* L.) inoculated with free-living rhizobacteria. Plant Production Science 4: 126-130.

2- Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Metzeger, J.D., and Lee, S. 2005. Effect of vermicompost on growth and marketable fruits of field–grown tomato, peppers and strawberries. Bioresource Technology 47: 731-735.

4- Aseri, G.K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A.V., and Meghwal, P.R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae 117: 130-135.

5- 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.

6- Azizi, M., Rezwanee, F., Hassanzadeh Khayat, M., Lackzian, A., and Neamati, H. 2008. The effect of different levels of vermicompost and irrigation on morphological properties and essential oil content of German chamomile (*Matricaria recutita*) C.V. Goral. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1): 82-93. (In Persian with English Summary)

7- (In Persian with English Summary)

8- 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 bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3: 579-587.

9- Bachman, G.R., and Davis, W.E. 2000. Growth of *Magnolia virginiana* liners in vermicompost- amended media. Pedo Biologia 43: 579-590.

10- Bashan, Y. 2005. Fresh-weight measurements of roots provide inaccurate estimates of the effects of plant growth promoting bacteria on root growth: a critical examination. Soil Biology and Biochemistry 37: 1795-1804.
11- Bashan, Y., and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advances (1990–1996). Canadian Journal of Microbiology 43: 103-121.
12- Belde, M., Matteis, A., Sprengle, B., Albrecht, B., and Hurle, H. 2000. Long- term development of yield affecting weeds after the change from conventional to integrated and organic farming. In: Proceeding 20 German Conference on weed Biology and Weed Control 17: 291-301.
13- Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD Thesis. Technical University of Munich, Germany 219 pp.
14- Brigham, R.D. 1993. Castor: Return of an old Crop. In: New Crops. Wiley New York p. 380-383.
15- Cacciari, I., Lippi, D., Pietrosanti, T., and Pietrosanti, W. 1989. Phytohormone-like substances produced by single and mixed diazotrophic cultures of *Azospirillum* and *Arthrobacter*. Plant and Soil 115: 151-153.
16- Cakmakc, R.I., Dönmez, F., and Sahin, F. 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biology and Biochemistry 38: 1482-1487.
17- Carrubba, A., La Torre, R., and Matrtanga, A. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid mediterranean environment. Proceedings of an International Conference on MAP, Acta Horticulture (International Conference on Medicinal and Aromatic Plants. Possibilities and Limitations of Medicinal and Aromatic Plant Production in the 21st Century)
18- De Silva, A., Petterson, K., Rothrock, C., and Moore, J. 2000. Growth promotion of highbush blueberry by fungal and bacterial inoculants. Horticultural Science 35: 1228-1230.
19- Deka, B.H.P., and Dileep, K.B.S. 2002. Plant disease suppression and growth promotion by a fluorescent Pseudomonas strain. Folia Microbiology 47: 137-143.
20- Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantity and quality yield of Chamomile (*Matricaria chamomilla*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127-135. (In Persian with English Summary)
21- Ghasemi, S., and Moussavi Nik, S.M. 2014. Effect of plant growth promoting rhizobacteria, Nitroxin and sulfur on quantity and quality of caster bean (*Ricinus communis* L.) in Sistan region. Journal of Agroecology 6(2): 275-289. (In Persian with English Summary)
22- Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction. FAO.
23- Gutiérrez-Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., and Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. Bioresource Technology 99: 7020-7026.
24- Ishizuka, J. 1992. Trends in biological nitrogen fixation research and application. Plant and Soil 11: 197-209.
25- Kader, M.A. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Science 2: 259-261.
26- Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A.K. 2007. Effects of arbuscular mycorhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza 17: 581-587.
27- Kapoor, R., Giri, B., and Mukeji, K.G. 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum gravolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 93: 307-311.
28- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Application effect of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-293. (In Persian with English Summary)
29- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effect of biofertilizer on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)
30- Kravchenko, L.V., Leonova, E.I., and Tikhonovich, I.A. 1994. Effect of root exudates of non-legume plants on the response of auxin production by associated diazotrophs. Microbial Releases 2: 267-271.

31- Lambrecht, M., Okon, Y., Vande Broek, A., and Vanderleyden, J. 2000. Indole-3-acetic acid: a reciprocal signaling molecule in bacteria-plant interactions. Trends in Microbiology 8(7): 298-300.
32- Leithy, S., El-Meseiry, T.A., and Abdallah, E.F. 2006. Effect of biofertilizer, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil quality. Journal of Applied Sciences Research 2: 773-779.
33- Mal, A.L., and Patidar, M. 2004. Effect of farmyard manure, fertility levels and bio-fertilizers on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agronomy 49: 117-120.
34- Medd, R.E., Auld, B.A., Kemp, D.R., and Murison, R.D. 1985. The influence of wheat density and spatial arrangement on annual ryegrass competition. Journal of Agriculture Research 36: 361-370.
35- Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 625-635. (In Persian with English Summary)
36- Omid Beygi, R. 2005. Approaches to Production and Processing of Medicinal Plants. Vol. II. Tarrahan Nashr Publication. Tehran, Iran 438 pp. (In Persian)
37- Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S., and Jafari, L. 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Agroeology 5(2): 105-112. (In Persian with English Summary)
38- S. Ghasemi; S. M. Moussavi Nik
39- Sarmadnia, G.H., and Koocheki, A. 2007. Crop Physiology. Jihad-e-Daneshgahi Publication 400 pp. (In Persian)
40- Scarpa, S., and Guerci, A. 1982. Various uses of the castor oil plant (*Ricinus communis* L.) a review. Journal of Ethnopharmacology 5: 117-137.
41- Shaalan, M.N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Research 83: 271-286.
42- Singer, W.J., Sally, S.D., and Meek, D.W. 2007. Tillage and compost effects on corn growth, nutrient accumulation, and grain yield. Agronomy Journal 99: 80-87.
43- Tomati, U., Grappelli, A., and Gall, E. 1987. The hormone-like effect of earthworm castson plant growth. Biology and Fertility of Soils 5: 288-294.
44- Wolf, D.W., Henderson, D.W., Chsiao, T., and Alvino, A. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration nitrogen distribution, and yield. Agronomy Journal 80: 859-864.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 33-46

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 46-33

Effects of Oganic and Biofertilizers on Growth Indices of Castor Bean (*Ricinus communis* L.)

A. Amin Ghafori[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], M. Nassiri Mahallati[2] and S. Khorramdel[3]

Submitted: 11-02-2013
Accepted: 19-07-2013

Amin Ghafori, A., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Khorramdel, S. 2016. Effects of organic and biofertilizers on growth indices of castor bean (*Ricinus communis* L.). Journal of Agroecology 8(1): 33-46.

Introduction

Castor plant, *Ricinus communis* L. is a species of flowering plant in the spurge family; *Euphorbiaceae*, which contains a vast number of plants mostly native to the tropics. It belongs to a monotypic genus *Ricinus*. The name *Ricinus* is a latin word for tick. The plant is probably named because its seed has markings and a dump at the end that resemble certain ticks (NCRI, 2014).

Castorbean is an industrial oil seed crop containing about 45-58 percent oil, which has tremendous application in petrochemicals, pharmaceuticals, cosmetics, textiles, chemicals, soap, leather, paints, varnishes, ink, nylon and plastic. Castor oil is traditionally associated with medicine and veterinary use in the fields of obstetrics, dermatology. It is also used as laxative. Presently, its utilization as bio-diesel has magnified its importance. Its oil does not freeze even at high altitudes and it is one the best lubricants for jet engines. This 100% castor-based product, has numerous applications in industry such as rotating glass car-wipers, ski boots fixatives, and for use in air-brake systems on trucks. Many new uses, based on the biodegradability of castor oil derived products, are expected in the future (Labalette et al., 1996). The shell of the castor bean is used as an organic termite control agent and its seed cake as manure in the soil.

Medicinal plants are valuable resources in a wide range of natural resources that scientific identification, cultivation, development and proper utilization of them can have an important role in community health, employment and non-petrol exports.

Quality of medicinal plants is more important than other crops. One of the most important factors determining the yield of castor bean is fertility. Integrated supply of nutrient to plants through combinations of organic and inorganic sources is becoming an increasingly important aspect of environmentally sound agriculture. Reports showed that the application of manure on bean has improved yield and growth index.

Materials and methods

In order to study the effects of biofertilizers and vermicompost on the growth indices of castor bean (*Ricinus communis* L.), a field experiment was conducted during the growing season of 2009 at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. A randomized complete block design with three replications was used. Treatments included: Nitroxin biofertilizer, Phosphate suloblizing bacteria and Vermicompost and Control (without any fertilizer). The results indicated that uses of organic and biofertilizer significantly increased plant height, leaf area Index (LAI), Total Dry Matter (DM), Crop Growth Rate (CGR) compared with control. The areas of green leaves were measured using a Delta-T leaf area meter (Delta-T Devices, Cambridge, England). Then the samples, including stems and leaves were dried in a forced-air oven at 80 ^{oC} for 48 h and after the witch total dry matter (TDM) was measured. The leaf area data were divided into ground area and the leaf area index (LAI) was obtained. The LAI data were fitted to the Gaussian equation to predict the LAI of common bean in growth season. The sigmoid equation was fitted to the TDM data and by derivation from this equation, the crop growth rate (CGR) and relative growth rate were obtained. The analysis was performed using SAS 9.1 and the graphs were prepared using Excel.

Results and discussion

1, 2 and 3- PhD in Agroecology, Professor and Assistant Professor in College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

The study results indicated that uses of organic and biofertilizer significantly increased plant height, leaf Area Index (LAI), Total Dry Matter (DM) and Crop Growth Rate (CGR) compared to control. The highest and lowest leaf area index was observed in vermicompost (2.15) and control (0.88) treatments, respectively. The maximum and the minimum amounts of dry matter were recorded in the vermicompost treatment with 693.32 $g.m^{-2}$ and control with 495 $g.m^{-2}$, respectively. Crop growth rate reached to its peak in 85 days after emergence, the height and the lowest was observed in the vermicompost treatment with 16.45 $g.m^{-2}.d^{-1}$ and control with 7.63 $g.m^{-2}.d^{-1}$, respectively. Assimilation rate also reached to its maximum and minimum in vermicompost treatment (17.31 $g.m^{-2}.d^{-1}$) and control (10.91 $g.m^{-2}.d^{-1}$), respectively.

Conclusion

The results showed that integrated biofertilizer and Vermicompost are good choices for decreasing chemical fertilization application.

Keywords: Leaf Area Index, Nitroxin, Phosphate suloblizing bacteria, Vermicompost

References

Labalette, F., Estragnat, A. and Messéan, A. 1996. Development of castor bean production in France. 340-342. In: J. Janick (Eds.), Progress in new crops. ASHS Press, Alexandria, VA.).

Maiti, S., Hegde, M.R. and Chattopadhyay, S.B. 1988. Hand book of oilseed crops. Oxford & IBH publishing co. pvt. Ltd. New Delhi.

NCRI. 2014. Castor Breeding, National Cereal Research Institute, Nigeria. Report of castor germplasm collections and stakeholder identificati

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۵۸-۴۷

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 47-58

تأثیر نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت

علی نخزری مقدم[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۱۷

نخزری مقدم، ع. ۱۳۹۵. تأثیر نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۵۸-۴۷.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) بر عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۹۱-۱۳۹۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل آرایش‌های مختلف کشت مخلوط در پنج سطح شامل کشت خالص جو، کشت مخلوط یک ردیف جو و یک ردیف نخود فرنگی، مخلوط دو ردیف جو و دو ردیف نخود فرنگی، مخلوط سه ردیف جو و سه ردیف نخودفرنگی و کشت خالص نخودفرنگی و میزان مصرف نیتروژن در چهار سطح شامل عدم مصرف و مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. نتایج نشان داد که اثر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط، نیتروژن و آرایش‌های مختلف کشت مخلوط × نیتروژن بر عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو در سطح یک درصد معنی‌دار شد. حداکثر وزن خشک علوفه و عملکرد معادل جو مربوط به تیمارهای کشت خالص جو با مصرف ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب با ۱۴/۵۱ و ۱۴/۳ تن در هکتار بود. حداقل عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو از تیمار کشت خالص نخودفرنگی بدون مصرف نیتروژن به ترتیب با ۳/۷۶ و ۴/۷ تن در هکتار به دست آمد. افزایش تعداد ردیف در تیمارهای کشت مخلوط، عملکرد علوفه تیمارهای کشت مخلوط را کاهش داد. نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط کمتر از یک بود. نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم، شاخص غالبیت، نسبت رقابتی، افزایش عملکرد واقعی، سودمندی کشت مخلوط و عملکرد معادل جو در جو بیش از نخودفرنگی در تیمارهای کشت مخلوط بود. بررسی عملکرد علوفه و شاخص‌های رقابت نشان داد که بیش‌ترین عملکرد مربوط به کشت خالص جو و کم‌ترین آن مربوط به کشت خالص نخودفرنگی بود. در کشت مخلوط، جو گیاه غالب و نخودفرنگی گیاه مغلوب بود و با افزایش تعداد ردیف، غالبیت جو کاهش یافت.

واژه‌های کلیدی: ضریب نسبی تراکم، عملکرد معادل، غالبیت، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط، کشت دو یا چند گیاه زراعی در یک مکان و در یک زمان، یک روش قدیمی و معمول کشت گیاهان به منظور استفاده بیش‌تر از منابع قابل دسترس مؤثر بر رشد است (Lithourgidis et al., 2011). معمولاً کشت مخلوط لگوم با غله باعث افزایش عملکرد علوفه غله و کاهش عملکرد علوفه لگوم می‌شود (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001). عملکرد علوفه در کشت مخلوط نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) و خردل (*Brassica juncea* L.) به نسبت ۱:۴و ۱:۳ بیش از کشت خالص نخودفرنگی و خردل (Thomas et al., Thakur, 2003; 2010)، در کشت مخلوط جایگزین کتان (*Linum usitatissimum* L.) و نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) به نسبت ۲:۱ بیش از نخود زراعی (Ahlawat & Gangaiah, 2010) و در کشت مخلوط افزایشی جو (*Hordeum vulgare* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) (افزایش ۱۲/۵، ۲۵، ۳۷/۵، ۵۰ و ۶۲/۵

۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس
(*- نویسنده مسئول: Email: a_nakhzari@yahoo.com)

درصد باقلا به جو) بیش از کشت خالص آن‌ها بود (Agegnehu et al., 2006). در بررسی اوال و همکاران (Awal et al., 2007) عملکرد علوفه در کشت خالص جو و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) بیش از کشت مخلوط جایگزین این دو گیاه با نسبت ۱:۱ و ۲:۱ بود.

نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به شمار می‌آید و محدودکننده‌ترین عنصر غذایی در مقیاس جهانی است. کمبود آن در همه جا وجود دارد (Sadeghipoor & Monem, 2009). کامپیلو و همکاران (Campillo et al., 2010) حداکثر عملکرد علوفه جو را با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار گزارش کردند. بررسی دو سطح مصرف صفر و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر ارقام جو نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش عملکرد شد (Hassanzadeh Gorttapeh et al., 2008). واریچ و همکاران (Waraich et al., 2007) با بررسی مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر گیاه جو گزارش کردند که با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد علوفه افزایش یافت به طوری‌که عملکرد علوفه در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حداکثر بود.

شاخص‌هایی که توسط تعدادی از محققین جهت تشریح رقابت و سودمندی اقتصادی سیستم کشت مخلوط استفاده شده‌اند.

عبارتند از: نسبت برابری زمین [1]، ضریب نسبی تراکم[2]، شاخص غالبیت[3]، نسبت رقابتی[4]، کاهش واقعی عملکرد[5]، سودمندی کشت مخلوط[6] و عملکرد معادل[7] (Agegnehu et al., 2006; Banik et al., 2006; Dhima et al., 2007).

نسبت برابری زمین، نسبت زمین لازم برای تک‌کشتی را در مقایسه با کشت مخلوط توصیف می‌کند. اگر نسبت برابری زمین بیش از یک باشد کشت مخلوط بر تک‌کشتی مزیت دارد. اگر کم‌تر از یک باشد کشت خالص ترجیح داده می‌شود و اگر مساوی یک باشد نشان‌گر حد بحرانی بوده و در آن کشت مخلوط با تک‌کشتی یکسان می‌باشد. بهترین حالت ترکیب گیاهان زراعی در کشت مخلوط را می‌توان حالتی تعریف کرد که بالاترین مقدار LER را در بر دارد (Javanshir et al., 2000). در بررسی اوال و همکاران (Awal et al., 2007) بالاترین نسبت برابری زمین از کشت مخلوط ۲:۱ جو: بادام‌زمینی در مقایسه با الگوی کاشت ۱:۱ به دست آمد. در بررسی پورامیر و همکاران (Pooramir et al., 2011) نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۷۵ درصد کنجد (*Sesamum indicum* L.) و ۲۵ درصد نخود ۰/۹۴ و در تیمار کشت مخلوط جایگزین ۵۰ درصد کنجد و ۵۰ درصد نخود ۱/۴۱ بود.

ضریب نسبی تراکم، غلبه نسبی یک گیاه را بر گیاه دیگر در کشت مخلوط نشان می‌دهد (Banik et al., 2006). اگر ضریب نسبی تراکم بیش از یک باشد کشت مخلوط سودمند و اگر کم‌تر از یک باشد کشت مخلوط سودمند نیست و اگر مساوی یک باشد حالت موازنه یا تعادل رقابت برقرار است (Dhima et al., 2007).

شاخص غالبیت رابطه رقابتی بین دو گیاه در کشت مخلوط را تعیین می‌کند (Willey, 1979). اگر این ضریب برابر صفر باشد بین دو گونه هیچ نوع رقابتی وجود ندارد. علامت‌های مثبت و منفی به ترتیب نشان‌دهنده غالب و مغلوب بودن گونه‌ها است (Mazaheri, 1998). در بررسی ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) این شاخص برای ذرت (*Zea mays* L.) بیش از یک و برای نخود و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) کم‌تر از یک بود. در بررسی وهلا و همکاران (Wahla et al., 2009) اثر تیمارهای مختلف کودی بر کشت مخلوط جو، عدس (*Lens culinaris* L.) و نخود، گیاه غالب در رقابت، گیاه جو بود.

نسبت رقابتی در مقایسه با ضریب نسبی تراکم و غالبیت، شاخص بهتری برای تعیین توانایی رقابت گیاهان است (Dhima et al., 2007). جو در کشت مخلوط با نخود فرنگی، بالاترین توانایی رقابت برای جذب عناصر غذایی در مقایسه با نخودفرنگی را داشت (Banik et al., 2006). نتایج فلاح و همکاران (Fallah et al., 2014) روی ارزیابی شاخص‌های رقابتی و اقتصادی کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) و نخود فرنگی تحت سری‌های جایگزینی در سطوح نیتروژن نشان داد که عملکرد از دست رفته واقعی، شاخص تولید سیستم و شاخص‌های اقتصادی شامل مزیت پولی و مزیت مخلوط برای همه نسبت‌ها مثبت شد و نسبت برابری زمین و و ضریب نسبی تراکم برای تمام نسبت‌های مخلوط بیشتر از یک به‌دست آمد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی

1 - Land equivalent ratio (LER)
2- Relative crowding coefficient (RCC)
3- Aggressivity (A)
4- Competitive ratio (CR)
5- Actual yield loss (AYL)
6- Intercropping advantage (IA)
7- Equivalent yield (EY)

هر یک از دو گیاه بود. آنها همچنین اظهار داشتند که مثبت بودن مقادیر شاخص غالبیت و بزرگتر از یک بودن مقادیر نسبت رقابت برای گیاه کلزا، بیانگر برتری رقابتی کلزا نسبت به نخودفرنگی یا استفاده بهتر از نهاده ها در کشت مخلوط بوده است.

کاهش یا سودمندی عملکرد واقعی، شاخصی است که اطلاعات حقیقی بیشتری در مورد رقابت درون و برون‌گونه‌ای گیاهان همراه و رفتار هر گونه در سیستم کشت مخلوط نسبت به شاخص‌های دیگر می‌دهد. علامت مثبت نشان‌دهنده افزایش عملکرد واقعی و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد واقعی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌باشد. در بررسی ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) عملکرد واقعی ذرت و لوبیا در کشت مخلوط ۵۰ درصد لگوم (لوبیا و نخود) و ۱۰۰ درصد ذرت کاهش نشان داد در حالی‌که در کشت مخلوط ۵۰ درصد نخود و ۵۰ درصد ذرت، عملکرد واقعی ذرت افزایش و عملکرد واقعی نخود کاهش یافت.

در تعیین سودمندی کشت مخلوط، علامت مثبت نشانه سودمندی اقتصادی کشت مخلوط و علامت منفی نشان‌دهنده کاهش سودمندی اقتصادی کشت مخلوط می‌باشد. در بررسی ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) در کشت مخلوط ذرت و لوبیا این شاخص در لگوم منفی و در غله مثبت بود.

برای تعیین عملکرد معادل کشت مخلوط از قیمت گیاهان هم استفاده می‌شود. عملکرد معادل جو در کشت مخلوط دو ردیف بادام‌زمینی و یک ردیف جو با ۲۰/۶ تن در هکتار نسبت از سایر تیمارهای کشت مخلوط بیش‌تر بود (Awal et al., 2007).

با وجود فواید زیادی که برای کشت مخلوط ذکر می‌شود اما در حال حاضر، محدودیت‌هایی همچون توانایی تولید بسیار کم اراضی کشور و عدم آگاهی زارعین، بزرگترین مانع ترویج این نوع کشت است. در شمال ایران کشت جو و نخودفرنگی امکان‌پذیر است ولی تحقیقاتی بر روی کشت مخلوط این دو گیاه صورت نگرفته است لذا، این بررسی با هدف تعیین رقابت جو و نخودفرنگی در کشت مخلوط و تأثیر نیتروژن مصرفی و الگوی کاشت جو و نخودفرنگی بر عملکرد علوفه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۲۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل‌های مورد بررسی شامل آرایش‌های مختلف کشت مخلوط در پنج سطح شامل کشت خالص جو (B)، کشت مخلوط یک ردیف جو و یک ردیف نخودفرنگی (B-P-B-P)، کشت مخلوط دو ردیف جو و دو ردیف نخودفرنگی (B-B-P-P)، کشت مخلوط سه ردیف جو و سه ردیف نخودفرنگی (B-B-B-P-P-P) و کشت خالص نخودفرنگی (P) و میزان مصرف نیتروژن در چهار سطح شامل عدم مصرف نیتروژن و مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. نسبت هر دو گیاه در کشت مخلوط (Z_{ab} و Z_{ba}) ۵۰:۵۰ بود.

در این آزمایش از رقم جو صحرا و رقم نخودفرنگی سانگرو که سازگار با شرایط منطقه هستند استفاده شد. تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط یک ردیف جو و یک ردیف نخودفرنگی شامل چهار خط، تیمار دو ردیف جو و دو ردیف نخودفرنگی شامل شش خط و تیمار سه ردیف جو و سه ردیف نخودفرنگی شامل هشت خط چهار متری با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود.

تاریخ کاشت هر دو گونه، ۱۳۹۰/۹/۱۵، مقدار بذر جو در کشت خالص ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار و بذرهای نخودفرنگی به فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی ردیف (۵۰ بوته در مترمربع) به عمق تقریباً سه سانتی‌متر کشت شدند. کود نیتروژن خالص (اوره ۴۶ درصد) در سه مرحله، یک سوم هنگام کاشت و دو سوم بعدی در زمان ساقه رفتن و خوشه رفتن جو مصرف شد. در تاریخ ۹۱/۲/۱۳ عملیات برداشت علوفه کل کرت با حذف حاشیه‌ها در مرحله خمیری جو و غلاف‌دهی نخودفرنگی انجام شد. محاسبه شاخص‌ها بر مبنای وزن خشک علوفه انجام شد. در تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین جو و نخودفرنگی به طور مجزا محاسبه و سپس با هم جمع گردید (Agegnehu et al., 2006). برای محاسبه عملکرد معادل، جو به عنوان گیاه اصلی (a) و نخودفرنگی به عنوان گیاه همراه (b) در نظر گرفته شد. برای این منظور با استفاده از معادله $EY_a = Y_{ab} + Y_{ba} (P_b / P_a)$ × عملکرد معادل جو در تیمارها محاسبه شد.

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح پنج درصد استفاده گردید.

برای بررسی رقابت و سودمندی اقتصادی کشت مخلوط از معادلات زیر استفاده شد:

جدول۱- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط

Table 1- Competition indices in intercropping

شاخص Index	معادله Equation	منبع Reference
نسبت برابری زمین Land equivalent ratio $LER = LER_a + LER_a$	$LERa = (Y_{ab} / Y_{aa}) + (Y_{ba} / Y_{bb})$ $LERa = (Y_{ba} / Y_{bb}) + (Y_{ab} / Y_{aa})$	(Willy, 1979)
ضریب نسبی تراکم Relative crowding coefficient $K (RCC) = K_a \times K_b$	$K_a = (Y_{ab} \times Z_{ba}) / (Y_{aa} - Y_{ab})(Z_{ab})$ $K_b = (Y_{ba} \times Z_{ab}) / (Y_{bb} - Y_{ba})(Z_{ba})$	(Banik et al., 2006)
غالبیت Aggressivity	$A_a= (Y_{ab} / Y_{aa} \times Z_{ab}) - (Y_{ba} / Y_{bb} \times Z_{ba})$ $A_b= (Y_{ba} / Y_{bb} \times Z_{ba}) - (Y_{ab} / Y_{aa} \times Z_{ab})$	(Dhima et al., 2007)
نسبت رقابتی Competitive ratio	$CR_a = (LER_a / LER_b) \times (Z_{ba} / Z_{ab})$ $CR_b = (LER_b / LER_a) (Z_{ab} / Z_{ba})$	(Willy & Rao, 1980)
کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss $AYL = AYL_a + AYL_b$	$AYL_a = ((Y_{ab} / Z_{ab}) / (Y_{aa} / Z_{aa})) - 1$ $AYL_b = ((Y_{ba} / Z_{ba}) / (Y_{bb} / Z_{bb})) - 1$	(Banik et al., 2000)
سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage $IA = IA_a + IA_b$	$IA_a = AYL_a \times P_a$ $IA_b = AYL_b \times P_b$	(Banik et al., 2000)
عملکرد معادل گیاه Equivalent yield	$EY_a = Y_{ab} + Y_{ba} \times (P_b / P_a)$ $EY_b = Y_{ba} + Y_{ab} \times (P_a / P_b)$	(Banik, 1996)
Y_{aa}: عملکرد گیاه a در کشت خالص	Y_{aa}: Yield of a in sole cropping	Z_{bb}: نسبت گیاه b در کشت خالص	Z_{bb}: Sown proportion of b in sole cropping
Y_{bb}: عملکرد گیاه b در کشت خالص	Y_{bb}: Yield of b in sole cropping	Z_{ab}: نسبت گیاه a در کشت مخلوط	Z_{ab}: Sown proportion of a in intercropping
Y_{ab}: عملکرد گیاه a در کشت مخلوط	Y_{ab}: Yield of a in intercropping	Z_{ba}: نسبت گیاه b در کشت مخلوط	Z_{ba}: Sown proportion of b in intercropping
Y_{ba}: عملکرد گیاه b در کشت مخلوط	Y_{ba}: Yield of b in intercropping	P_a: قیمت محصول گیاه a	P_a: Price of crop a
Z_{aa}: نسبت گیاه a در کشت خالص	Z_{aa}: Sown proportion of a in sole cropping	P_b: قیمت محصول گیاه b	P_b: Price of crop b

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک و عملکرد معادل جو

تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد علوفه خشک و عملکرد معادل جو تحت تأثیر آرایش‌های مختلف کشت مخلوط و نیتروژن مصرفی در جدول ۲ آورده شده است. اثر آرایش‌های مختلف کشت، نیتروژن و اثر متقابل آرایش‌های مختلف کشت × نیتروژن بر عملکرد علوفه خشک و عملکرد معادل جو در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو

مقایسه وزن خشک علوفه در تیمارهای آرایش‌های مختلف کشت و نیتروژن نشان‌دهنده تولید زیاد علوفه در تیمار کشت خالص جو با مصرف ۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار می‌باشد. در این تیمار ۱۴/۵۱ تن در هکتار علوفه خشک تولید شد (جدول ۳). این تیمار با تیمار کشت خالص جو با مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با تولید ۱۴/۳ تن در هکتار علوفه خشک تفاوت معنی‌داری

نشان نداد.

جدول۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو تحت تأثیر آرایش‌های کشت (DIP) و نیتروژن

Table 2- Analysis variance (maen square) of forage yield and barley equivalent yield under effect of different intercropping arrangements (DIP) and nitrogen

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد علوفه Forage yield	عملکرد معادل جو Equivalent barley yield
تکرار Replication	2	0.39	0.45
آرایش‌های مختلف کشت مخلوط Different intercropping arrangements (DIP)	4	98.43**	71.98**
نیتروژن Nitrogen (N)	3	29.14**	31.4**
آرایش‌های مختلف کشت مخلوط × نیتروژن DIP × N	12	0.93**	0.77**
خطا Error	38	0.13	0.14
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.04	4.13

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار

**: Significant at 1% probability level based on LSD

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد علوفه و عملکرد معادل جو تحت آرایش‌های مختلف کشت × نیتروژن

Table 3- Mean comparison for forage yield and barley equivalent yield under different intercropping arrangements (DIP) and nitrogen

	عملکرد علوفه (تن در هکتار) Forage yield ($t.ha^{-1}$)				عملکرد معادل جو (تن در هکتار) Barley equivalent yield ($t.ha^{-1}$)			
نیتروژن → Nitrogen آرایش‌های مختلف کشت Different intercropping ↓ arrangements	0	25	50	75	0	25	50	75
خالص جو Sole barley	9.94^{cde}	12.31^{b}	14.3^{a}	14.51^{a}	9.94^{de}	12.31^{b}	14.3^{a}	14.51^{a}
یک نخودفرنگی- یک جو *B-P	6.97^{h}	8.93^{fg}	10.43^{c}	10.22^{cd}	7.17^{h}	9.18^{fg}	10.7^{c}	10.44^{cd}
دو نخودفرنگی- دو جو B-B-P-P	6.92^{h}	8.67^{g}	9.63^{de}	9.46^{ef}	7.16^{h}	8.98^{g}	9.97^{de}	9.73^{ef}
سه نخودفرنگی- سه جو B-B-B-P-P-P	6.76^{h}	8.44^{g}	9.62^{e}	9.7^{de}	7.11^{h}	8.87^{g}	10.09^{cd}	10.15^{cd}
خالص نخودفرنگی Sole pea	3.76^{k}	4.71^{j}	5.37^{i}	4.9^{ij}	4.7^{k}	5.89^{j}	6.72^{hi}	6.13^{ij}
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD (5%)			0.6			0.62		

حروف غیرمشابه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD را نشان می‌دهد.

None similar letters indicate significant difference at 5% probability level based on LSD test.

*: B-P، B-B-P-P و B-B-B-P-P-P: کشت مخلوط یک، دو و سه ردیف جو و نخودفرنگی

*: B-P, B-B-P-P and B-B- B-P-P-P: intercropping of 1, 2 and 3 rows of barley and pea

حداقل عملکرد نیز از تیمار کشت خالص نخودفرنگی با عدم مصرف نیتروژن به میزان ۳/۷۶ تن در هکتار به دست آمد. کشت مخلوط جو و نخودفرنگی نسبت به کشت خالص جو عملکرد کم‌تر اما نسبت به کشت خالص نخودفرنگی عملکرد بیش‌تری تولید کرد. مصرف نیتروژن عملکرد تیمارهای کشت مخلوط مربوط را افزایش داد. در بررسی هاگارد نیلسون و جنسن (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001) کشت مخلوط لگوم با غله باعث افزایش عملکرد علوفه غله و کاهش عملکرد علوفه لگوم شد. عملکرد بالاتر در کشت خالص غله نسبت به لگوم و کشت مخلوط توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Awal et al., 2007).

عملکرد جو در تیمارهای آرایش‌های مختلف کشت بیش از حد انتظار (عملکرد کشت خالص تیمار مربوطه × درصد فضای اشغال شده توسط گیاه مورد نظر) بود اما عملکرد بسیار پایین نخود فرنگی در این تیمارها باعث کاهش عملکرد این تیمارها نسبت به تیمار کشت خالص جو شد (جدول ۴). با توجه به تیپ رشدی نخودفرنگی که گیاهی رونده است و جو که گیاهی با رشد مستقیم است انتظار می‌رفت کشت مخلوط این دو گیاه سبب استفاده بهتر آن‌ها از منابع محیطی شود، اما گسترش عرضی‌تر جو شرایط را برای رشد نخودفرنگی بسیار نامطلوب کرد. در واقع جو با رشد مستقیم و عرضی‌تر توانست از نظر دریافت تشعشع خورشیدی و اشغال فضا بر گیاه نخودفرنگی که رشد رونده دارد غالب شود و عملکرد آن را در تیمارهای کشت مخلوط شدیداً کاهش دهد. با وجودی‌که با افزایش تعداد ردیف در کشت مخلوط، رشد نخودفرنگی و در نتیجه عملکرد آن بیش‌تر شد اما باز هم کم‌تر از حد انتظار بود و منجر به کاهش عملکرد کشت مخلوط نسبت به کشت خالص جو شد. عملکرد کم نخودفرنگی باعث شد که تغییر زیادی در عملکرد معادل جو با وجود قیمت بالاتر نخودفرنگی ایجاد نشود. حداکثر عملکرد معادل جو مربوط به تیمار کشت خالص جو با مصرف ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب با ۱۴/۵۱ و ۱۴/۳ تن و حداقل آن با ۴/۷ تن در هکتار از تیمار کشت خالص نخودفرنگی با عدم مصرف نیتروژن به دست آمد (جدول ۳). تیمارهای کشت مخلوط با تولید محصول کم‌تر از کشت خالص جو مزیتی از نظر عملکرد علوفه بر کشت خالص جو نشان ندادند اما نسبت به کشت خالص نخودفرنگی برتر بودند.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد علوفه و عملکرد مورد انتظار جو و نخودفرنگی تحت تأثیر آرایش‌های مختلف کشت

Table 4- Mean comparison for forage yield and expected yield of barley and pea under different intercropping arrangements (DIP)

صفات Traits	عملکرد علوفه (تن در هکتار) Forage yield ($t.ha^{-1}$)			عملکرد مورد انتظار (تن در هکتار) Expected yield ($t.ha^{-1}$)		
آرایش‌های مختلف کشت مخلوط Different intercropping arrangements	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total
کشت خالص جو Sole barley	12.77	–	12.77[a]	12.77	–	12.77
یک نخودفرنگی- یک جو *B-P	8.21	0.927	9.14[b]	6.385	2.345	8.73
دو نخودفرنگی- دو جو B-B-P-P	7.51	1.16	8.67[c]	6.385	2.345	8.73
سه نخودفرنگی- سه جو B-B-B-P-P-P	6.94	1.7	8.63[c]	6.385	2.345	8.73
کشت خالص نخودفرنگی Sole pea	–	4.69	4.69[d]	–	4.69	4.69
حداقل تفاوت معنی‌دار LSD (5%)			0.97			

حروف غیرمشابه در ستون عملکرد کل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD را نشان می‌دهد.

None similar letters in column of total yield indicate significant difference at 5% probability level based on LSD test.

*: B-P، B-B-P-P و B-B-B-P-P-P؛ کشت مخلوط یک، دو و سه ردیف جو و نخودفرنگی

*: B-P, B-B-P-P and B-B- B-P-P-P: intercropping of 1, 2 and 3 rows of barley and pea

جدول۵- مقایسه نسبت برابری زمین، ضریب نسبی تراکم و شاخص غالبیت جو و نخودفرنگی در آرایش‌های مختلف کشت
Table 5- Comparison of land equivalent ratio, relative crowding coefficient and aggressivity under different intercropping arrangements

شاخص Index	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio			ضریب نسبی تراکم Relative crowding coefficient			غالبیت Aggressivity	
تیمار Treatment	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخود فرنگی Pea
*B-P	0.643	0.198	0.841	1.8	0.25	0.45	0.89	-0.89
B-B-P-P	0.588	0.247	0.835	1.43	0.33	0.47	0.68	-0.68
B-B-B-P-P-P	0.543	0.362	0.9.5	1.19	0.57	0.68	0.36	-0.36

*: B-P، B-B-P-P و B-B-B-P-P-P: کشت مخلوط یک، دو و سه ردیف جو و نخود فرنگی
*: B-P, B-B-P-P and B-B- B-P-P-P: intercropping of 1, 2 and 3 rows of barley and pea

شاخص‌های ارزیابی رقابت و سودمندی اقتصادی

نسبت برابری زمین

نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط کم‌تر از یک بود که نشان‌دهنده نامطلوب بودن کشت مخلوط جو و نخودفرنگی می‌باشد (جدول ۵). نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جایگزین یک ردیف جو و یک ردیف نخودفرنگی کم‌تر از دو تیمار دیگر بود. در هر سه تیمار، نسبت برابری زمین جو بیش از ۰/۵ (حد انتظار) اما نسبت برابری زمین نخودفرنگی کم‌تر از ۰/۵ (حد انتظار) بود. با وجودی که نسبت برابری زمین جو بیش از حد انتظار بود اما نتوانست کاهش نسبت برابری زمین نخودفرنگی را جبران کند لذا، نسبت برابری کل کم‌تر از یک بود و این به این مفهوم است که کشت مخلوط مطلوب نبود. با افزایش تعداد ردیف، نسبت برابری زمین نخودفرنگی افزایش اما نسبت برابری زمین جو کاهش یافت. افزایش تعداد ردیف شرایط را برای رشد بهتر نخودفرنگی فراهم کرد. در بررسی مشهدی (Mashhadi, 2011) نیز نسبت برابری زمین در کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و نخود زراعی کم‌تر از یک بود که برتری خاصی بر کشت خالص نشان نداد. در بررسی وی گندم عملکرد خوبی داشت اما عملکرد نخود مطلوب نبود.

ضریب نسبی تراکم

ضریب نسبی تراکم جو در هر سه تیمار کشت مخلوط بیش از ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی بود (جدول ۵). افزایش تعداد ردیف ضریب نسبی تراکم جو را کاهش اما ضریب نسبی تراکم نخودفرنگی را افزایش داد اما باز هم ضریب نسبی تراکم جو بیش از نخودفرنگی بود بنابراین، جو بر نخودفرنگی غلبه نسبی داشت و با افزایش تعداد ردیف نخود فرنگی، غلبه جو کاهش یافت. ضریب نسبی تراکم کل کم‌تر از یک بود که نشان‌دهنده عدم مزیت کشت مخلوط بر کشت خالص می‌باشد. چنین نتیجه‌ای توسط اعظم خان (Azam Khan, 2002) نیز در کشت مخلوط نخود و کلزا گزارش شده است.

شاخص غالبیت

نتایج حاصل از محاسبه شاخص چیرگی (غالبیت) نشان می‌دهد که جو گیاه غالب و نخودفرنگی گیاه مغلوب بود (جدول ۵). با افزایش تعداد ردیف به دلیل عدم پوشش کامل زمین توسط جو، غالبیت جو کاهش یافت. رشد اولیه سریع جو نسبت به نخودفرنگی و استفاده مطلوب جو از فضا باعث غالبیت آن نسبت به نخودفرنگی گردید. در بررسی بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) جو گیاه غالب و نخودفرنگی گیاه مغلوب بود. غالبیت جو در تیمارهای کشت مخلوط با نخودفرنگی و عدس نیز گزارش شده است (Wahla et al., 2009).

نسبت رقابتی

مقایسه نسبت رقابتی جو و نخودفرنگی بیان‌گر توانایی رقابتی بیش‌تر جو نسبت به نخودفرنگی می‌باشد (جدول ۶). این نسبت در تیمار کشت مخلوط یک ردیف جو و یک ردیف نخود فرنگی، دو ردیف جو و دو ردیف نخودفرنگی و سه ردیف جو و سه ردیف نخودفرنگی به ترتیب برای جو ۳/۲۶، ۲/۳۸ و ۱/۵ و برای نخودفرنگی به ترتیب ۰/۳۱، ۰/۴۲ و ۰/۶۷ بود که حاکی از کاهش این نسبت در جو و افزایش آن در نخودفرنگی با افزایش تعداد ردیف می‌باشد. علت این امر افزایش فاصله آخرین ردیف جو تا اولین ردیف بعدی جو (به ترتیب ۲۰، ۴۰ و ۶۰ سانتی‌متر) و در نتیجه رقابت کم‌تر

جو با نخودفرنگی بود.

جدول ٦- مقایسه نسبت رقابتی، کاهش عملکرد واقعی و سودمندی کشت مخلوط جو و نخودفرنگی در آرایش‌های مختلف کشت
Table 6- Comparison of competitive ratio, actual yield loss and intercropping advantage under different intercropping arrangements

شاخص Index	نسبت رقابتی Competitive ratio		کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss			سودمندی کشت مخلوط Intercropping advantage		
تیمار Treatment	جو Barley	نخود فرنگی Pea	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total	جو Barley	نخود فرنگی Pea	کل Total
*B-P	3.26	0.31	0.29	-0.6	-0.31	38.42	-90.72	-56.29
B-B-P-P	2.38	0.42	0.18	-0.51	-0.33	21.21	-75.8	-54.59
B-B-B-P-P-P	1.5	0.67	0.09	-0.28	-0.19	10.38	-41.29	-30.92

*: B-P، B-B-P-P و B-B-B-P-P-P: کشت مخلوط یک، دو و سه ردیف جو و نخود فرنگی
*: B-P, B-B-P-P and B-B- B-P-P-P: intercropping of 1, 2 and 3 rows of barley and pea

در بررسی بانیک و همکاران (Banik et al., 2006) جو توانایی رقابت بالاتری نسبت بـه نخـودفرنگی در کشـت مخلـوط داشـت. در بررسـی اوال و همکـاران (Awal et al., 2007) نیـز جـو رقیـب قوی‌تری نسبت به بادام زمینی برای استفاده از منابع در کشت مخلوط بود.

کاهش عملکرد واقعی

در هر سه تیمار کشت مخلوط، این شاخص در جو مثبت (افزایش عملکرد نسبت به فضای اشغال شده) و در نخودفرنگی منفی (کـاهش عملکرد نسبت به فضای اشغال شده) بود (جدول ۶). این امر حاکی از این است که جو نه تنها کاهش عملکرد بلکه افزایش عملکرد داشـت. با توجه به عملکرد پایین نخودفرنگی (کم‌تر از حد انتظار)، این صـفت در هر سه تیمار نخودفرنگی منفی بود و باعث شد این صفت در کشت مخلوط نیز منفی و در نتیجه کشت مخلـوط مطلـوب نباشـد. کـاهش واقعی عملکرد در کشت مخلوط جـو و نخـودفرنگی توسـط بانیـک و همکاران (Banik et al., 2006) نیز گزارش شده است.

سودمندی کشت مخلوط

با بررسی این شاخص مشاهده گردید که در هر سه تیمـار کشـت مخلوط جو و نخـود فرنگـی، سـودمندی کشـت مخلـوط منفـی بـود. سودمندی کشت مخلوط در هر سه تیمار در جـو مثبـت و در فرنگـی منفی بود (جدول ۶). سودمندی کشت مخلوط در تیمار یک ردیف جو و یک ردیـف نخـودفرنگی ۵۶/۲۹- بـود. بـا افـزایش تعـداد ردیـف، سودمندی کشت مخلوط به ۵۴/۵۹- و ۳۰/۹۲- رسید بنابراین، کشت مخلوط جو و نخـودفرنگی سـودمندی اقتصـادی نداشـت. در بررسـی ییلماز و همکاران (Yilmaz et al., 2008) در کشت مخلـوط ذرت و لوبیا و در بررسی دهیمـا و همکـاران (Dhima et al., 2007) در کشت مخلوط یولاف و جو با ماشک نیز این شاخص در لگوم منفی و در غله مثبت بود.

نتیجه‌گیری

وزن خشک علوفه در تیمار کشت خالص جو با مصـرف ۷۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بـه ترتیـب ۱۴/۵۱ و ۱۴/۳ تـن در هکتار بود که بیش از سایر تیمارها بود. وزن خشـک علوفـه در تیمـار کشت خالص نخودفرنگی بدون مصرف نیتروژن ۳/۷۶ تـن در هکتـار بود که کم‌تر از تیمارهای دیگر بود. عملکرد معادل جـو در تیمارهـای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص جو کاهش و نسـبت بـه کشـت خـالص نخـودفرنگی افـزایش نشـان داد. نسـبت برابـری زمـین در تیمارهای کشت مخلوط کم‌تر از یک بود که نشان‌دهنـده نـامطلـوب بودن کشت مخلوط جو و نخودفرنگی نسبت به تک‌کشتی مـی‌باشـد. بررسی ضریب نسبی تراکم نشان داد که ضریب نسبی تـراکم جـو در هر سه تیمار کشـت مخلـوط بـیش‌تـر از نخـودفرنگی بـود. محاسـبه شاخص چیرگی (غالبیت) نشان داد که جو گیاه غالـب و نخـودفرنگی گیاه مغلوب بود. بررسی نسـبت رقـابتی جـو و نخـودفرنگی بیـان‌گـر توانایی رقابتی بیش‌تر جو نسبت بـه نخـودفرنگی بـود. در تیمارهـای کشت مخلوط، کاهش عملکرد واقعی در جو مثبـت و در نخـودفرنگی منفی بود. کشت مخلوط جو و نخودفرنگی باعث افـزایش سـودمندی

اقتصادی گیاه جو و کاهش سودمندی گیاه نخودفرنگی گردید. در مجموع کشت مخلوط جو و نخودفرنگی نسبت به کشت خالص سودمندی اقتصادی نداشت.

منابع

1- Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.

2- Ahlawat, I.P.S., and Gangaiah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation on sole and linseed (*Linum usitatissimum* L.) intercropped chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian Journal of Agricultural Sciences 80(3): 250-253.

3- Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A. 2007. Interspecies competition growth and yield in barley peanut intercropping. Asian Journal of Plant Science 6(4): 577-584.

4- Azam Khan, M. 2002. Production efficiency of pea (*Pisum sativum* L.) as affected by inoculation phosphorus levels and intercropping, MSc Thesis, Pakistan: Faisalabad University.

5- Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. Journal of Agronomy and Crop Science 176(5): 289-294.

6- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Barley and pea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24(4): 325-332.

7- Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var. Toria) and legume in 1:1 and 2:1 replacement series system. Journal of Agronomy and Crop Science 185(1): 9-14.

8- Campillo, R., Jobet, C., and Undurraga, P. 2010. Effect of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter barley cv kumpa-inia in andisols of southern chile. Chilean Journal of Agricultural Research 70(1): 122-131.

9- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding rasio. Field Crops Research 100(2-3): 249-256.

10- Fallah, S.A., Baharlouie, S., and Abbasi Surki, A. 2014. Evaluation of competitive and economic indices in canola and pea intercropping at different rates of nitrogen fertilizer. Journal of Agroecology 6(3): 571-581. (In Persian with English Summary)

11- Hassanzadeh Gorttapeh, A., Fathollahzadeh, A., Nasrollahzadeh Asl, A., and Akhondi, N. 2008. Agronomic nitrogen efficiency in different wheat genotypes in west Azerbaijan province. Electronic Journal of Crop Production 1(1): 82-100. (In Persian with English Summary)

12- Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72(3): 185-196.

13- Javanshir, A., Dabbagh, A., Hamidi, A., and Gholypour, M. 2000. The Ecology of Intercropping. Mashhad University Press Mashhad, Iran 222 pp. (In Persian)

14- Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A., and Vlachostergios, W. 2006. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Australian Journal of Crop Science 5(4): 396-410.

15- Mandal, B.K., Dasgupta, S., and Roy, P.K. 2002. Effect of intercropping on yield components of barley, pea and mustard under diferent moisture regions. Asian Journal of Plant Science 155: 261-267.

16- Mashhadi, T. 2011. Influence of different N supply and intercropping patterns of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on grain yield and yield components. MSc Thesis. Plant Production Group, University of Gonbad Kavous 131 pp. (In Persian with English Summary)

17- Mazaheri, D. 1998. Intercropping (2nd Eds.), Tehran University Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

18- Pooramir, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2012. Evaluation the yield and yield components of intercropping sesame and chickpea in replacement series. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 757-767. (In Persian with English Summary)

19- Sadeghipoor, O., and Monem, R. 2009. Effect of nitrogen and phosphorus deficit on percent and yield of mung bean protein. Environmental Stress in Plant Sciences 1(2): 159-167.

20- Thakur, N.S. 2003. Identification in pea (*Pisum sativum* L.) based intercropping system under irrigated condition

of Satpura Plateau. Journal of Crop Science 4: 310-312.

21- Thomas, A., Thenua, O.V.S., and Shivakumar, B.G. 2010. Impact of levels of irrigation and fertility gradients on dry matter production, nutrient uptake and yield of pea (*Pisum sativum* L.) intercropping system. Legume Research 33(1): 10-16.

22- Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah Ahmad, A., and Jabbar, A. 2009. Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. International Journal of Agriculture and Biology 11: 69-72.

23- Waraich, E.A., Ahmad, R., and Ali, A. 2007. Effects irrigation and nitrogen effects on grain development and yield in wheat (*Tritticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany 39(5): 1663-1672.

24- Willey, R.M. 1979. Intercropping, its importance and research needs, competition and yield advantages. Journal of Crop Science 32: 1-10.

25- Willey, R.M., and Rao, M.R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture 16: 105-117.

26- Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize legume intercropping over solitary cropping through competition incides in the east Mediterranean region. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32: 111-119.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 47-58

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۵۸-۴۷

Effects of Nitrogen and Different Intercropping Arrangements of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.) on Forage Yield and Competitive Indices

A. Nakhzari Moghaddam[1*]

Submitted: 17-07-2015
Accepted: 08-11-2015

Nakhzari Moghaddam, A. 2016. Effect of nitrogen and different intercropping arrangements of barley (*Hordeum vulgare* L.) and pea (*Pisum sativum* L.) on forage yield and competitive indices. Journal of Agroecology 8(1): 47-58.

Introduction

Intercropping, the agricultural practice of cultivating two or more crops in the same space at the same time, is an old and commonly used cropping practice which aims to match efficiently crop demands to the available growth resources (Agegnehu et al., 2006; Dhima et al., 2007). Intercropping of chickpea with linseed reduced the chickpea yield by 60.3%, although linseed occupied only 33% of the total area. The loss of chickpea yield was compensated by the additional yield of linseed, and thus the system productivity of chickpea + linseed intercropping was increased by 43.4% compared with sole chickpea (Ahlawat & Gangaiah, 2010).

The objectives of the present study were to study the competition indices of barley and pea intercropping and effects of nitrogen and different intercropping arrangements on forage yield.

Materials and methods

In order to evaluate effects of nitrogen and different intercropping arrangements of barley and pea on yield and competitive indices, an experiment was conducted as factorial based on Randomized Complete Block Design with three replications on farm research on Gonbad Kavous University (37°26'N, 55°21'E, and 45m above sea level) in 2011-2012. Different intercropping arrangement levels were a sole crop of barley, intercropping of one line barley and one line pea, intercropping of two lines of barley and two lines of pea, intercropping of three lines of barley and three lines of pea and sole crop of pea and nitrogen consumption was in four levels of none application of nitrogen and application of 25, 50 and 75 $kg.ha^{-1}$.

Seed planting was done during the first week of December 2011. Sowing was performed manually by planting twice more seeds of pea than the expected plant density. Sole barley (cv. Sahra) planted at the rate of 160 $kg.ha^{-1}$ and sole pea (cv. Sungro) planted at the rate of 500000 $plants.ha^{-1}$. Row spacing was 20 cm. The experimental plots for a sole crop of barley, a sole crop of pea and one row of barley + one row of pea were 4 rows and for two rows of barley + two rows of pea and three rows of barley + three rows of pea were 6 and 8 rows, respectively.

50% of urea was applied during sowing. The other 50% of urea was side banded when the barley plants were at flowering stage. Weed control was performed manually. Forage yield was determined by harvesting each crop from 2, 4 and 6 rows. Barley was harvested at soft drought and the pea was harvested at seed filling stage in 3 May 2012. Data were analyzed using SAS software. Analysis of variance was performed for the forage yield and Equal Yield of barley.

Results and discussion

The results showed the effects of different intercropping arrangements, nitrogen application and interaction of different intercropping arrangements × nitrogen application on forage yield and Equivalent Yield of barley was significant (α= 1%). The high forage yield and Equivalent Yield of barley belonged to a sole crop of barley with application of 75 and 50 kg Nha^{-1} with 14.51 and 14.3 $tonha^{-1}$, respectively. The minimum dry weight and Equivalent Yield of barley was obtained from the sole crop of pea without consumption of nitrogen with 3.76 and 4.7 tha^{-1}, respectively. Increasing the pea and barley rows in intercropping treatments decreased forage yield because of lower yield of pea. Land Equivalent Ratio in intercropping treatments was less than 1. This index in barley was greater than pea (0.643, 0.588 and 0.543 for barley and 0.198, 0.247 and 0.362 for pea in 1, 2 and 3 rows, respectively). Other indices (Relative Crowding Coefficient, Aggressivity, Competitive Ratio, Actual

1- Assistant Professors of Crop Production Group, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
(*- Corresponding author Email: a_nakhzari@yahoo.com)

Yield addition, Intercropping Advantage and Equivalent Yield of barley) in barley were also greater than pea in intercropping. Barley was the dominant crop in this study.

Conclusion

Forage dry weight and Equivalent Yield of barley in a sole crop of barley with consumption of 75 and 50 $kg_N.ha^{-1}$ was the maximum and in sole crop of pea with non-consumption of N was minimum. All indices in barley in this study were greater than pea. This indicated that barley was the dominant crop.

Keywords: Aggressivity, Equivalent yield, Land equivalent ratio, Relative crowding coefficient

References

Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.

Ahlawat, I.P.S., and Gangaiah, B. 2010. Effect of land configuration and irrigation on sole and linseed *(Linum usitatissimum)* intercropped chickpea (*Cicer arietinum*)**.** Indian Journal of Agricultural Sciences 80(3): 250-253.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding rasio. Field Crops Research 100(2-3): 249-256.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۶۹-۵۹

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 59-69

اثر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* و سطوح کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

مریم شهرکی[۱]، مهدی دهمرده[۲*]، عیسی خمری[۳] و احمد اصغرزاده[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۴

شهرکی، م.، دهمرده، م.، خمری، ع.، و اصغرزاده، ا. ۱۳۹۵. اثر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* و سطوح کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۶۹-۵۹.

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* و سطوح مختلف کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی، اصلاح خاک و بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آموزشی- پژوهشی دانشگاه زابل در سال ۱۳۹۱ به اجرا در آمد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح مصرف کودهای دامی شامل شاهد (عدم کاربرد کود دامی)، ۲۰ و۳۰ تن در هکتار و چهار سطح مصرف کود زیستی شامل شاهد (عدم کاربرد کود زیستی)، *آزوسپیریلیوم*، *ازتوباکتر* و ترکیب *آزوسپیریلیوم* به علاوه *ازتوباکتر* بودند. بر پایه نتایج به دست آمده کاربرد سطوح مختلف کود دامی بر ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد اقتصادی، بیولوژیک و شاخص برداشت در گیاه تأثیر معنی‌داری داشت. اثر تیمارهای کود زیستی بر همه صفات مورد بررسی به جز وزن صد دانه معنی‌دار بود. بررسی اثر متقابل فاکتورهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد اقتصادی به میزان ۸/۴۹ تن در هکتار با مصرف توأم ۳۰ تن در هکتار کود دامی و کود زیستی *آزوسپیریلوم* به دست آمد. همچنین اثر کود دامی بر درصد روغن دانه معنی‌دار بود. نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای دامی و زیستی، نسبت به مصرف جداگانه آن‌ها می‌تواند در افزایش عملکرد کمی و کیفی گلرنگ نقش مؤثری را ایفا کند و توجه به آن‌ها به منظور جایگزینی و یا بخشی از نیازهای غذایی گیاه در راستای کشاورزی پایدار قابل تأمل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: درصد روغن، کودهای زیستی، کلروفیل برگ

مقدمه

کشاورزی پایدار به عنوان یک نظام زراعی شامل رهیافت‌هایی است که وابستگی کشاورزان به برخی نهاده‌های کشاورزی را کاهش می‌دهد و در نتیجه از تخریب محیط زیست و تعادل بین نسل‌ها می‌کاهد. مشکلات زیست‌محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آن‌ها، از مهمترین مسائل جهان امروز است (Alexandratos, 2003). در بوم‌نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است به موازات افزایش روز افزون جمعیت روی کره زمین، نیاز به غذا به ویژه محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد. افزایش تولیدات کشاورزی جهت رفع نیاز غذایی بشر از طریق افزایش سطح زیر کشت و افزایش تولید در واحد سطح امکان‌پذیر است (Astaraei & Koocheki, 1995). هماهنگ‌سازی نیاز گیاه با عرضه عناصر غذایی بسیار مشکل

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشیار، گروه اگرواکولوژی، استادیار، گروه فیزیولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل و استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
(* - نویسنده مسئول: Email: mdahmardeh@uoz.ac.ir)

است، مخصوصاً اگر عناصر غذایی فقط از منابعی تأمین گردند که چرخه آن‌ها نیازمند واسطه‌گری ریزجانداران و مشمول تجزیه طیفی از مواد آلی متنوع باشند. با وجود این به نظر می‌رسد که در نظام‌های کشتی که از هر دو راهکار کوددهی، یعنی کودهای شیمیایی و آلی استفاده می‌شود، دستیابی به کارایی بهینه استفاده از عناصر غذایی امکان‌پذیر باشد (Asadirahmani et al., 2007). امروزه به دلیل استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، مواد آلی زمین‌های کشاورزی در ایران کاهش یافته است (Naghavi Maremmati et al., 2007). امروزه در نظام‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک، کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Sharma, 2003). اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزجانداران باکتریایی و قارچی به ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)[1] و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (Manaffee & Klopper, 1994). کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرآیندهای بیولوژیکی دارد (Vessy, 2003; Rajendran & Devarj, 2004; Chen et al., 2004).

کادر و همکاران (Kader et al., 2002) اظهار داشتند که مصرف *ازتوباکتر* علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد ریشه‌ها و افزایش ۱۸ درصدی در عملکرد گندم، موجب صرفه‌جویی در مصرف نیتروژن به میزان ۲۰ درصد می‌شود. تیمار بذر با *ازتوباکتر* همراه با کود دامی سبب افزایش عملکرد دانه و درصد جذب نیتروژن و فسفر، درصد روی و پروتئین دانه، عملکرد اندام‌های هوایی و ریشه گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌شود (Mahmoudi et al., 2004). گزارش کردند که وزن خشک اندام‌های هوایی ذرت (*Zea mays* L.) در اثر تلقیح بذور با باکتری *آزوسپیریلوم* افزایش یافت (Cohen et al., 1980). در تحقیقی معلوم شد که تلقیح بذر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بهاره با باکتری آزادزی *ازتوباکتر* و یک قارچ همزیست مولد میکوریزا علاوه بر افزایش عملکرد دانه و روغن، موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر عوامل نامساعد محیطی و بهبود کیفیت محصول میگردد (Mirzakhani et al., 1999). طی آزمایشی دیگر مشخص گردید که تلقیح بذر آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) با *آزوسپیریلوم* طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و وزن تر ریشه، ساقه و گیاهچه را نسبت به عدم شرایط تلقیح افزایش می‌دهد (Babayi et al., 2002).

با توجه به اهمیت گلرنگ به دلیل خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ویژه نظیر سیستم ریشه‌ای عمیق و مقاومت نسبت به تنش‌های محیطی (Behdani & Moosavifar, 2011; Moosavifar et al., 2010)، هدف از این تحقیق ارزیابی تاثیر باکتری‌های زیستی و سطوح مختلف کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ در منطقه سیستان می باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان زابل در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۴۸۱ متر بوده و در ۶۱ درجه و ۴۱ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۵۴ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه جزء اقلیم‌های خشک و بسیار گرم با میانگین بارندگی سالیانه ۶۳ میلی‌متر و متوسط دمای در حدود ۲۳ درجه سانتی‌گراد با حداکثر ۴۹ درجه سانتی‌گراد و حداقل ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به عمل آمد و مشخص شد که بافت خاک لوم- شنی و pH آن ۸/۳ می‌باشد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، روی گیاه گلرنگ به اجرا درآمد. فاکتور اول شامل کود دامی در سه سطح بدون کود، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار کود دامی و فاکتور دوم شامل چهار سطح کود زیستی شامل شاهد (C)، *آزوسپیریلوم* (Azo)، *ازتوباکتر* (Azt) و مخلوط *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* (Azo+Azt) در نظر گرفته شدند. در این تحقیق از کود گاوی عمل‌آوری شده استفاده گردید و باکتری‌ها از مؤسسه آب و خاک کشور واقع در مشکین دشت کرج تهیه شدند. باکتری‌ها با جمعیت 10^8 و ۲۴ ساعت قبل از کاشت بذرها در باکتری خیسانده شدند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک، ایجاد کرت‌های به طول ۲/۵ و عرض دو متر، افزودن کودهای شیمیایی پایه نیتروژن، فسفر و پتاسیم به نسبت ۵۰:۱۰۰:۱۰۰ و کود دامی در مهرماه انجام گرفت. کاشت بذرها به صورت دستی و پس از تلقیح بذری با کودهای زیستی با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (فاصله بین

بوته‌ها ۱۰ و فاصله بین ردیف‌ها ۴۰ سانتی‌متر) کاشته شد و بلافاصله آبیاری گردید. ویژگی‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، کلروفیل برگ، درصد پروتئین و روغن دانه بود. اندازه‌گیری صفات در پایان فصل رشد گیاه گلرنگ در خردادماه هنگامی که بذرها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی بودند انجام شد. بدین صورت که در هر کرت نمونه‌گیری از دو ردیف وسط و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای انجام گرفت. ارتفاع بوته از ناحیه طوقه تا انتهایی‌ترین بخش ساقه با متر سنجیده شد. در ادامه کار بوته‌ها از سطح زمین قطع و کدگذاری شد و سپس به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از خشک نمودن در آون در دمای ۷۴ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت وزن خشک بوته اندازه‌گیری گردید. درصد روغن دانه با استفاده از محلول اتیل اتر با دستگاه سوکسله و درصد پروتئین دانه نیز با استفاده از روش کجلدال اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها، توسط آزمون دانکن در سطح پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در آزمایش حاضر ارتفاع بوته به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود دامی و کودهای زیستی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در بین سطوح کود دامی بیشترین ارتفاع بوته (۱۰۷/۰۸ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و کمترین ارتفاع (۸۸/۱۶ سانتی‌متر) مربوط به تیمار ۲۰ تن در هکتار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی بر ارتفاع بوته نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع (۱۰۶/۳ سانتی‌متر) در تیمار *آزوسپیریلوم* مشاهده شد. همچنین اثر متقابل بین تیمار کودهای زیستی و کود دامی بر ارتفاع گیاه معنی‌دار شد (جدول ۱). ارتفاع نهایی ساقه که در واقع تعیین‌کننده ارتفاع گیاه می‌باشد، بسته به عواملی مانند رقم، ژنوتیپ و شرایط محیطی بسیار متغیر بوده و بین ۴۵ تا ۱۵۰ سانتی‌متر دیده می‌شود (Mohammadi nikpour & Koocheki, 2008).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد اقتصادی و شاخص‌های زراعی گلرنگ در تیمارهای کود دامی و زیستی

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for economical yield and agronomy index of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in manure and bio-fertilizers treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته High plant	تعداد طبق در بوته Number of heads in bush	تعداد دانه در طبق Number of seed in heads	وزن صد دانه 100-Seed weight	عملکرد اقتصادی Economical yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	کلروفیل برگ Harvest index	درصد روغن Oil content	درصد پروتئین Protein content
تکرار Replication	2	5.08^{ns}	3.52^{ns}	13.52^{ns}	0.09^{ns}	0.091^{ns}	1.47^{ns}	0.001^{ns}	21.64^{ns}	2.88^{ns}	2.87^{ns}
کود زیستی Bio-fertilizers (B)	3	1236.08^{**}	361.44^{**}	545.86^{**}	1.23^{ns}	79.47^{**}	544.3^{**}	0.054^{**}	117.72^{**}	5.54^{**}	6.51^{ns}
کود دامی Manure (A)	2	518.3^{**}	100.32^{**}	1269.87^{**}	6.69^{**}	4.94^{**}	90.51^{**}	0.010^{*}	25.23^{ns}	2.57^{ns}	2.35^{ns}
کود دامی + کود زیستی (A+B)	6	79.6^{**}	44.96^{**}	470.82^{**}	6.21^{**}	2.81^{**}	127.7^{**}	0.041^{**}	12.32^{ns}	3.11^{*}	6.89^{**}
خطا Error	22	12.99	3.89	15.83	0.57	0.171	2.52	0.002	15.90	1.055	1.71
ضریب تغییرات CV (%)	-	3.61	18.54	12.35	13.62	13.79	8.83	22.85	6.32	23.02	8.91

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

*, ** and ns: Are significant at %5 and %1 probability levels and non significant, respectively

اسکینر و همکاران (Skiner et al., 1987) طی گزارشی بیان نمودند که تلقیح بذر با *ازتوباکتر* سبب افزایش توسعه ریشه و جذب بهتر آب و مواد غذایی می‌شود و این امر موجب بهبود رشد رویشی گیاه و افزایش ارتفاع بوته‌ها می‌گردد. مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کودهای زیستی نشان داد که تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپیریلوم* بیشترین میزان ارتفاع بوته (۱۱۴/۳ سانتی‌متر) را دارا بود (جدول ۳). در این ارتباط می‌توان به نتایج تحقیق خرم دل و همکاران (Khorramdel et al., 2008) در زمینه اثر مثبت کاربرد کودهای بیولوژیکی بر شاخص ارتفاع بوته در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) اشاره نمود. همچنین افزایش ارتفاع در گیاه آفتابگردان با تیمار کود زیستی باکتریایی نسبت به تیمار شاهد در آزمایشات اکبری و همکاران (Akbary et al., 2002) نیز گزارش گردیده است. افزایش ارتفاع گیاه ارزن بر اثر تلقیح با *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* همراه با کاربرد اوره نیز گزارش شده است (Zahir et al., 1998).

تعداد طبق در بوته

تأثیر مصرف کود دامی بر تعداد طبق در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۱). بیشترین تعداد طبق (۱۶/۹۱) با تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بود (جدول ۲). کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر تعداد طبق در بوته داشتند (جدول ۱). با مصرف تیمار *آزوسپیریلوم* بیشترین تعداد طبق در بوته (۱۵/۵۵) حاصل شد (جدول ۲). اثر متقابل تیمارهای مختلف کود دامی و کودهای زیستی بر تعداد طبق در بوته معنی‌دار بود (جدول ۱) و بالاترین تعداد طبق در بوته (۲۶/۳) در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپیریلوم* به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی و شاخص‌های زراعی گلرنگ در تیمارهای کود دامی و زیستی

Table 2- Means comparison of economical yield and agronomical index of wheat in manure and bio fertilizers treatments

تیمار Treatment	ارتفاع بوته (سانتی-متر) High plant (cm)	تعداد طبق در بوته Number of heads in bush	تعداد دانه در طبق Number of seed in heads	وزن صد دانه 100-Seed weight	عملکرد اقتصادی (تن در هکتار) Economical yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index	کلروفیل برگ Chlorophyll leaf	درصد روغن Oil content	درصد پروتئین Protein content
کود دامی Organic manure										
شاهد Control	104^{b}	8.25^{b}	36^{b}	5.40^{a}	1.79^{b}	9.08^{b}	0.18^{b}	60.94^{b}	4.64^{a}	14.34^{b}
۲۰ تن در هکتار 20 $t.ha^{-1}$	88.16^{c}	6.75^{b}	33.91^{b}	5.35^{a}	1.25^{c}	8.71^{b}	0.20^{a}	61.54^{b}	4.80^{a}	14.15^{b}
۳۰ تن در هکتار 30 $t.ha^{-1}$	107.08^{a}	16.91^{a}	46.5^{a}	5.93^{a}	5.96^{a}	20.55^{a}	0.31^{a}	66.64^{a}	3.93^{a}	15.51^{a}
$LSD_{0.05}$	3.05	1.67	3.36	0.641	0.351	1.34	0.045	3.37	0.869	1.10
کود زیستی Biofertilizer										
شاهد Control	103.44^{ab}	8.66^{b}	48.33^{a}	4.90^{b}	2.93^{b}	12.98^{b}	0.24^{a}	60.62^{b}	5.17^{a}	14.02^{a}
آزوسپیریلیوم Azo	106.3^{a}	15.55^{a}	49.77^{a}	6.47^{a}	4.04^{a}	16.44^{a}	0.27^{a}	64.03^{a}	4.20^{ab}	14.50^{a}
ازتوباکتر Azt	89^{c}	9.88^{b}	29.55^{b}	4.75^{b}	2.72^{bc}	13^{b}	0.20^{b}	64.67^{a}	3.47^{b}	15.16^{a}
آزوسپیریلوم + ازتوباکتر Azo+Azt	100.22^{b}	8.44^{b}	27.55^{b}	6.11^{a}	2.31^{c}	8.69^{c}	0.21^{b}	61.53^{a}	4.99^{a}	14.99^{a}
$LSD_{0.05}$	3.52	1.92	3.89	0.74	0.40	2.32	0.052	3.89	1.00	1.27

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

آزوسپیریلیوم :Azo، *ازتوباکتر* :Azt و *آزوسپیریلیوم +ازتوباکتر* :Azo+Azt

Azo: *Azospirillium*, Azt: *Azotobacter* and Azo+Azt: *Azospirillium+Azotobacter*

تعداد دانه در طبق

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که مصرف کود دامی، کودهای زیستی و اثر متقابل آن‌ها بر تعداد دانه در طبق تأثیر معنی‌داری داشته‌اند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین سطوح کودهای دامی، بیشترین تعداد دانه در طبق (۴۶/۵) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بود (جدول ۲). مقایسه میانگین کودهای زیستی بر تعداد دانه در طبق نیز نشان داد که بیشترین تعداد (۴۹/۷۷) در تیمار *آزوسپیریلوم* به دست آمد (جدول ۲). محققین طی آزمایشی دریافتند که تلقیح بذر آفتابگردان با *آزوسپیریلوم* طول ریشه-چه، ساقه‌چه و وزن تر ریشه، ساقه و گیاهچه را نسبت به عدم شرایط تلقیح افزایش می‌دهد (Babayi et al., 2002). باکتری‌های موجود در کود بیولوژیک علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر پرمصرف و ریز مغذی مورد نیاز گیاه، ترشح اسیدهای آمینه و انواع آنتی بیوتیک را نیز بر عهده دارد و موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت‌های هوایی گیاهان می‌شود، محافظت از ریشه‌ها در برابر عوامل بیماری‌زای خاکزی موجب افزایش محصول می‌گردد (Gilik et al., 2001). مقایسه میانگین اثر کود دامی و کودهای زیستی بر تعداد دانه در طبق نشان داد که بالاترین میزان دانه در طبق (۶۵/۳) با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپیریلوم* می‌باشد (جدول ۳).

وزن صد دانه

وزن دانه‌های گلرنگ به عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است که وضعیت نهایی آن طی مرحله پر شدن دانه‌ها تعیین می‌گردد. نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که مصرف کود دامی و اثر متقابل کود زیستی و کود دامی آن‌ها بر وزن صد دانه تأثیر معنی‌دار داشته اما کود زیستی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین سطوح کودهای دامی بیشترین مقدار (۵/۹۳ گرم) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بود که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی بر وزن صد دانه نیز نشان داد که بیشترین مقدار (۶/۴۷ گرم) در تیمار *آزوسپیریلوم* به دست آمد (جدول ۲).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی و شاخص‌های زراعی گلرنگ در اثر مقابل تیمارهای کود دامی و زیستی

Table 3- Means comparison of economical yield and agronomical index of safflower in interaction effects of manure and biofertilizers treatments

کود دامی (تن در هکتار) Manure ($t.ha^{-1}$)	کود زیستی Biofretilizer	ارتفاع بوته High plant	تعداد طبق در بوته Number of heads in bush	تعداد دانه در طبق Number of seed in heads	وزن صد دانه (گرم) 100-seed weight (g)	عملکرد اقتصادی (تن در هکتار) Economical yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) Biological yield ($t.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	کلروفیل برگ Chlorophyll leaf	درصد روغن دانه Oil content (%)	درصد پروتئین دانه Protein content (%)
0	0	112.3^{a}	5.6^{de}	58^{b}	3.99^{f}	1.89^{c}	9.85^{d}	0.18^{def}	58.9^{c}	6.46^{a}	15.03^{ab}
	Azo	108.3^{a}	9^{cd}	45.3^{c}	4.04^{f}	2.48^{c}	10.37^{d}	0.23^{bc}	61.4^{abc}	4.02^{b}	11.64^{c}
	Azt	93.3^{bc}	13^{b}	19.3^{f}	7.50^{ab}	1.96^{c}	9.74^{d}	0.19^{cde}	65.3^{abc}	3.66^{b}	15.65^{ab}
	Azo+Azt	113^{bc}	5.3^{e}	21.3^{f}	6.07^{cd}	0.86^{d}	6.36^{e}	0.13^{def}	5.81^{c}	4.42^{b}	15.05^{ab}
20	0	98.3^{b}	6.3^{de}	31^{de}	3.61^{bed}	1.92^{c}	18.04^{c}	0.10^{f}	60.7^{bc}	4.37^{b}	13.12^{bc}
	Azo	89^{cd}	11.3^{bc}	34.3^{d}	5.64^{cde}	1.17^{d}	9.41^{d}	0.12^{ef}	61.0^{abc}	5.22^{ab}	15.32^{ab}
	Azt	84.3^{e}	4.3^{e}	34^{d}	4.93^{def}	1.01^{d}	5.07^{e}	0.19^{cde}	61.4^{abc}	3.13^{b}	14.0^{abc}
	Azo+Azt	84^{de}	5^{e}	36.3^{d}	4.52^{ef}	0.92^{d}	2.30^{f}	0.29^{b}	61.9^{abc}	6.50^{a}	14.1^{abc}
30	0	108.3^{a}	14^{b}	60.3^{ab}	4.41^{ef}	4.99^{b}	11.06^{d}	0.40^{a}	63.1^{abc}	4.69^{ab}	13.93^{abc}
	Azo	114.3^{a}	26.3^{a}	65.3^{a}	7.74^{a}	8.49^{a}	29.53^{a}	0.45^{a}	68.6^{a}	3.36^{b}	16.54^{a}
	Azt	92.3^{bc}	12.3^{bc}	35.3^{d}	6.99^{abc}	5.19^{b}	24.21^{b}	0.21^{bcd}	67.2^{ab}	3.61^{b}	15.77^{a}
	Azo+Azt	102.3^{bc}	15^{b}	$25e^{f}$	4.57^{ef}	5.16^{b}	17.42^{c}	0.29^{b}	67.5^{ab}	4.06^{b}	15.813^{a}
LSD %5	-	6.08	3.34	6.73	1.27	0.69	2.68	0.075	6.75	1.85	2.26

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column follow by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

آزوسپیریلیوم :Azo، *ازتوباکتر* :Azt و *آزوسپیریلیوم +ازتوباکتر* :Azo+Azt
Azo: *Azospirillium*, Azt: *Azotobacter* and Azo+Azt: *Azospirillium+Azotobacter*

مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کودهای زیستی نیز نشان داد که بالاترین مقدار وزن صد دانه (۷/۷۴ گرم) با مصرف ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپریلیوم* می‌باشد (جدول ۳).

عملکرد اقتصادی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کود دامی و زیستی و اثر متقابل کود دامی و زیستی بر عملکرد اقتصادی تأثیر معنی‌داری در سطح یک درصد داشته است (جدول ۱). بیشترین مقدار عملکرد اقتصادی (۵/۹۶ تن در هکتار) از تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داده است (جدول ۲). کود دامی محتوی اکثر عناصر مورد نیاز برای رشد گیاهان می‌باشد و پس از متلاشی شدن به تأمین عناصر غذایی خاک کمک کرده و به عنوان منبع انرژی برای موجودات زنده عمل می‌کند، به این ترتیب پویایی جمعیت و تنوع میکروارگانیسم‌های خاک را افزایش می‌دهد. همچنین ساختمان خاک را بهبود بخشیده و سرعت نفوذ آب را افزایش می‌دهد و از نوسانات pH خاک نیز جلوگیری می‌کند (Koocheki et al., 2000). نتایج احمدزاده و همکاران (Ahmadzadeh et al., 2007) نیز نشان داد که صفت ارتفاع بوته به همراه سه صفت زیست‌توده بوته، وزن صد دانه و وزن هکتولیتر تأثیر چشمگیری بر عملکرد اقتصادی دارند. بین سطوح تیمار کودهای زیستی نیز اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد اقتصادی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد اقتصادی (۴/۰۴ تن در هکتار) در تیمار *آزوسپریلیوم* می‌باشد (جدول ۲). *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر* با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد و برخی ویتامین‌ها، رشد کمی و کیفی گیاه را تقویت می‌کند که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد اقتصادی نمایان می‌گردد. مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کودهای زیستی بر عملکرد اقتصادی نشان داد که بالاترین میزان عملکرد اقتصادی (۸/۴۹ تن در هکتار) با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپیریلوم* می‌باشد (جدول ۳). رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) با بررسی اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی و گوگرد بر کنجد (*Sesamum indicum* L.) گزارش نمودند که تلقیح جداگانه با میکوریزا و در ترکیب با کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی‌کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای کود زیستی و دامی و اثر متقابل کود دامی و زیستی بر عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۱). مقایسه میانگین نشان داد که بین سطوح کودهای دامی بیشترین مقدار (۲۰/۵۵ تن در هکتار) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بوده که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد (جدول ۲) و همچنین مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد بیولوژیک نیز نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد (۱۶/۴۴ تن در هکتار) در تیمار *آزوسپریلیوم* به دست آمد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و زیستی نیز دارای اختلاف معنی‌داری بودند به طوری‌که عملکرد بیولوژیک در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپیریلوم* (۲۹/۵۳ تن در هکتار) به طور قابل ملاحظه‌ای افزوده شد (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین داده‌های اکبری و همکاران (Akbary et al., 2002) نیز بیانگر افزایش هشت درصدی عملکرد بیولوژیک بذر تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت به بذور شاهد در آفتابگردان می‌باشد. چرا که این باکتری‌ها با تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم‌سازی امکان بهره‌برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیشتر و در نهایت افزایش رشد و نمو شده‌اند.

شاخص برداشت

یکی از معیارهای مورد ارزیابی در سرمایه‌گذاری گیاهان زراعی در اندام‌های اقتصادی، شاخص برداشت می‌باشد این شاخص عبارت است از نسبت عملکرد اقتصادی دانه به عملکرد بیولوژیک. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای کود زیستی و کود دامی از نظر شاخص برداشت بود (جدول ۱). بیشترین میزان شاخص برداشت (۳۱ درصد) در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی مشاهده شد. همچنین بیشترین میزان شاخص برداشت در کاربرد کودهای زیستی از تیمار *آزوسپیریلوم* (۲۷ درصد)

حاصل شد (جدول ۲ مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کودهای زیستی نیز نشان داد که بیشترین شاخص برداشت (۴۵ درصد) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و کود زیستی *آزوسپیریلوم* می‌باشد (جدول ۳).

شاخص کلروفیل برگ

با توجه به جدول تجزیه واریانس مشخص گردید که کلروفیل برگ به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود زیستی قرار گرفت (جدول ۱) و تیمارهای کود دامی و اثر متقابل کود دامی و کود زیستی معنی‌دار نشده است (جدول ۱). در بررسی داده‌های مقایسه میانگین بیشترین میزان شاخص کلروفیل برگ (۶۶/۶۴) در تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی و بیشترین میزان کلروفیل در کاربرد کودهای زیستی از تیمار *ازتوباکتر* (۶۴/۶۷) می‌باشد (جدول ۲). از سویی در تحقیقی توسط حاجی بلند و همکاران (Haji Boland et al., 2003) نیز مشخص شد که تیمار تلقیح با باکتری به تنهایی و همچنین به صورت توأم با کود ازت باعث افزایش معنی‌داری در غلظت کلروفیل برگ‌ها در گندم گردید و بین این دو تیمار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کودهای زیستی نیز نشان داد که بیشترین شاخص کلروفیل (۶۸/۶) مربوط به ۳۰ تن در هکتار و *آزوسپیریلوم* می‌باشد (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس در آزمایشی بر روی ذرت حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل کود زیستی و کود نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد بر روی شاخص کلروفیل برگ بوده است (Mirshekari et al., 2008).

درصد روغن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کود زیستی و اثر متقابل کود دامی و زیستی بر درصد روغن دانه گلرنگ معنی‌دار شده است ولی تیمار کود دامی بر روغن دانه تأثیر معنی‌داری نداشته است (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که در بین سطوح کود دامی بیشترین مقدار درصد روغن دانه (۴/۸۰) مربوط به تیمار ۲۰ تن در هکتار کود دامی به دست آمد و مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد روغن (۴/۹۹) از تیمار ترکیب *آزوسپیریلوم* به علاوه *ازتوباکتر* می‌باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کودهای زیستی بر عملکرد روغن دانه نشان داد که بالاترین میزان روغن دانه (۶/۵۰) با کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه ترکیب *آزوسپیریلوم* با *ازتوباکتر* می‌باشد (جدول ۳). نتایج مطالعه رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) روی بررسی اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی و گوگرد بر کنجد (*Sesamum indicum* L.) نشان داد که استفاده از کودهای آلی همراه با میکوریزا باعث افزایش درصد روغن کنجد شد، به طوری‌که در کاربرد همزمان میکوریزا و هر یک از کودهای کمپوست، ورمی‌کمپوست و گرانوله‌ی گوگردی روغن دانه به‌ترتیب ۱۲، ۱۳ و ۱۰ درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا افزایش یافت.

درصد پروتئین دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کودهای زیستی و کود دامی بر درصد پروتئین دانه تأثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف کودهای دامی بیشترین مقدار (۱۵/۵۱ درصد) مربوط به تیمار ۳۰ تن در هکتار کود دامی بوده و همچنین مقایسه میانگین کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد درصد پروتئین دانه نیز نشان داد که بیشترین مقدار (۱۵/۱۶ درصد) در تیمار *ازتوباکتر* به دست آمد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر متقابل کود دامی و کود زیستی نیز بر درصد پروتئین دانه نشان داد که بالاترین میزان پروتئین در دانه (۱۶/۵۴ درصد) با کاربرد ۳۰ تن در هکتار کود دامی به علاوه *آزوسپیریلوم* می‌باشد (جدول ۳).

نتیجه‌گیری

مدیریت حاصلخیزی خاک با استفاده از کودهای آلی مانند کودهای زیستی و کود دامی می‌تواند در پیش برد هدف رسیدن به حداکثر عملکرد و حاصلخیزی پایدار خاک، بسیار دارای اهمیت باشد از سوی دیگر کاربرد تیمار بذر با *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به مقدار زیاد و به تنهایی در کوتاه مدت به علت رهاسازی تدریجی عناصر غذایی نمی‌توانند به طور کامل تأمین‌کننده نیاز کودی گلرنگ باشند. از این‌رو تأمین تلفیقی عناصر غذایی با استفاده از کودهای زیستی و دامی، ضمن آن که کمبود عناصر غذایی را جبران کرده باعث حفظ حاصلخیزی خاک شده و تولید پایدار محصول را به همراه دارد.

با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش به نظر می‌رسد که تلقیح بذر با *آزوسپیریلوم* به همراه مصرف سطوح بهینه کود دامی با افزایش جذب عناصر غذایی سبب بهبود شاخص‌های رشد و مراحل

نموی گیاه شده که در نهایت افزایش عملکرد دانه گلرنگ را به همراه دارد. در این مطالعه روی گیاه گلرنگ مشاهده گردید که در بیشتر صفات مورد بررسی، کاربرد اثر متقابل کودهای زیستی با کود دامی برای صفاتی نظیر، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن دانه در طبق، وزن صد دانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بوده است. عملکرد اقتصادی گلرنگ در تلفیق کودهای زیستی با کود دامی بیشتر از کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها بود. کود دامی ضمن افزودن و در دسترس قرار دادن بسیاری از عناصر غذایی، با بهبود ساختمان خاک و همچنین با افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت باعث ایجاد بستر مناسب برای رشد بهتر ریشه و به دنبال آن افزایش رشد سبزینگی گیاهان می‌شود (Ahmadian et al., 2004). بنا بر گزارشات محققین مختلف، استفاده از کودهای دامی باعث افزایش ماده آلی، فسفر قابل استفاده گیاه (Antoun et al., 1998)، ازت نیتراتی (Graham & Vance, 2000)، و سایر عناصر غذایی و همچنین بهبود ساختمان خاک (Sharpley et al., 2004)، می‌گردد که نهایتاً افزایش کمی و کیفی محصول را به دنبال خواهد داشت. در سال‌های اخیر گزارش‌های متعدد و متناقضی مبنی بر اثر معنی‌دار این باکتری‌ها در تحریک رشد گیاهان ارائه شده است. دلایل متعددی میتوان برای این امر ذکر نمود. از جمله عدم غلظت مناسب مایه تلقیح به کار رفته برای گیاه گلرنگ چرا که از طرف شرکت تولید کننده کود زیستی غلظت مناسب و مجزایی برای این گیاه پیشنهاد نشده است. بنابراین، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که غلظت بهینه برای آغشته‌سازی گیاهان زراعی هر منطقه باید با مطالعات اختصاصی تعیین شود و اطلاق یک غلظت کلی برای همه محصولات و یا حتی همه ارقام زراعی یک گونه گیاهی کاری نادرست است.

منابع

1- Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galavi, M. 2004. The effect of consume manure on yield, yield index and quality of cumin. Abstract Article 2th Drug Plant. Shahed University of Tehran, Iran. (In Persian)

2- Ahmadzadeh, M., Samiezadeh, H., and Ahmadi, A. 2007. Evaluation of grain and oil yield, quality of oil and some important agronomic traits of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Karaj. The 2nd Scientific Applicable Seminar of Iranian Oil Seeds and Vegetable Oils. 10 August 2007, Tehran, Iran p. 24-34. (In Persian)

3- Akbary, P., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M. 2002. Effects of different feeding systems and enhancing the growth of bacteria on yield and yield components of sunflower. Electronic Journal of Crop Production 3(2): 119-33. (In Persian with English Summary)

4- Alexandratos, N. 2003. World agriculture: towards 2015-30. Congress on Global Food Security and Role of Sustainable Fertilization. 26-28 March. Rome. Italy.

5- Antoun, H., Beauchamp, C.J., Goussard, N., Ghabot, R., and Lalande, R. 1998. Potential of *rhizobium* and bradry *rhizobium* speciesas plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radish (*Raphanus sativus* L.). Plant and Soil 204: 57-67.

6- Asadi Rahmani, H., Asgharzadeh, A., Ghawasi, K., Rajaei, F., and Sawaghebi, G.R. 2007. Fertilizer Application as a Key to Sustainable Usage of Arable. Jihad Daneshgahi of Tehran Publication, Tehran, Iran p. 328. (In Persian)

7- Astaaraei, A.R., and Koocheki, A. 1995. First edition, Jihad Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, Iran p. 168. (In Persian)

8- Babayi, N.J., Daneshian, A., Hamidy, M.H., Arzanesh, H., and Asgary Darmanki, H. 2002. Effect of increasing bacterial growth on seed characteristics of sunflower plants from water deficit figure. In: Crop Science Congress of Iran, 30-22 August, Seed and Plant Breeding Research Institute, Karaj p. 22. (In Persian)

9- Behdani, M.A., and Moosavifar, B.E. 2011. Effect of insufficient irrigation on plant dry mater and remobilization in three spring safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)

10- Chen, Y., De-Nobili, M., and Aviad, M. 2004. Stimulatory effects of humic substances on plant growth. Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, Boca Raton, Florida p. 103-129.

11- Clapperton, M.I., Jansen, H.S., and Jahnston, A.M. 1997. Suppression of WAM fungi and micronutrient uptake by low P fertilization in long-term wheat rotation. American Journal of Alternative Agriculture 12: 59-63.

12- Cohen, E., Okon, Y., Kigel, J., Nur, I., and Henis, Y. 1980. Increase in dry weight and total nitrogen content in *Zea mays* and *setaria italica* associated with nitrogen-fixing *Azospirillum*. Plant Physiology 66: 746-749.

13- Gilik, B.R., Penrose, D., and Wenbo, M. 2001. Bacterial promotion of plant growth biotechnology advances 19: 135-138.
14- Graham, P.H., and Vance, C.P. 2000. Nitrogen fixation in perspective: an overview of research and extension needs. Field Crops Research 65: 93-106.
15- Haghighatnia, H. 1998. Surveying effects of potassium (K), sulphur (S), zinc (Zn), magnesium (Mg), bohrium (Bh) and manganese (Mn) on qualitative and quantitative properties of cotton. Surveying Report. Soil and Water Department of Fars Center of Agricultural Research. (In Persian)
16- Haji Boland, R., Aliasgharzadeh, N., and Mehrfar, Z. 2013. Ecological study of *Azotobacter* in two Zrbayhan Highland region and its effect on growth and mineral nutrition of plants inoculated wheat. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 2(8): 75-89. (In Persian with English Summary)
17- Kader, M.K., Mmian, H., and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Aztobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2(4): 250-261.
18- Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2008. Effect of Bio-fertilizers application on growing indicatores of *Nigella sativa*. Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 285-293. (In Persian with English Summary)
19- Koocheki, A., Hosseini, M., and Hashemidezfouli, A. 2000. Sustainable Agriculture. 3th Edition. Jihad Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, Iran p. 164. (In Persian)
20- Mahmoudi, H., Khosrawi, H., and Asgharzadeh, A. 2004. Role of *Azotobacter* Bio-fertilizer on Yield of Rainfed Wheat. Essay Collections of 8th Congress of Agriculture Science and Plants Breeding. Agriculture Science Faculty of Gilan University. 25-27 August 2004 p. 429. (In Persian)
21- Manaffee, W.F., and Klopper, J.W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: soil biota management in sustainable farming systems, Pankburst, C.E., Double, B.M.,Gupta, V.V.S.R., and Grace, P.R., Eds. p. 23-31 CSIRO, Publication. East Melbourne, Australia.
22- Mirshekari, B., Baser, S., and Jawanshi, A. 2008. Effect of nitrogen biofertilizer and various levels of urea fertilizer on physiological characteristics and biological yield of hybrid corn 704 in cold semi-arid territories. Journal of Agriculture New Findings 4(3): 404-410. (In Persian)
23- Mirzakhani, M.R., Ayene band, A., Shirni rad, A.H., and Rajaei, F. 2008. Effect of mycorrhizal inoculation with *Azotobacter* and nitrogen and phosphorus levels on yield and yield components in safflower. Abstracts of Iranian Crop Science Congress Application of Biofertilizers in Sustainable Agriculture 28-30 Agust Seed and Plant Improvement Institute p. 413.
24- Mohammadi Nikpour, A., and Koocheki, A. 2008. Study of planting date on growth indicators, yield and yield component of *Carthamus tinctorius*. Journal of Agriculture Science and Technology 1(13): 7-15. (In Persian)
25- Moosavifar, B.E., Behdani, M.A., Jami Alahmadi, M., and Hosaini Bojd, M.S. 2010. The effect of irrigation disruption in different reproductive growth stages on yield, yield components and oil content in three spring safflower cultivars. Journal of Agroecology 2(4): 627-639. (In Persian with English Summary)
26- Naghavi Maremmati, A.T., Bahmaniar, M.A., Pirdashti, H., and Salekgilani, S. 2007. Effect of fenerin and various types of organic and chemical fertilizers on yield and yield component of rice varieties. 10th Congress of Soil Sciense, Tehran, Iran p. 766-767. (In Persian)
27- Rajendran, K., and Devarj, P. 2004. Biomass and nutrient disribution and their return of Casuarina equiseti folia inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.
28- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyaee, H.R. 2015. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system. Journal of Agroecology 7(4): 563-577. (In Persian with English Summary)
29- Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios India.
30- Sharpley, A.N., McDowell, R., and Kleinman, P.J.A. 2004. Amounts, forms, and solubility of phosphorus in soils receiving manure. Soil Science Society of America Journal 68: 2048-2057.
31- Skiner, F.A., Boddey, R.M., and Ferninik, F. 1987. Nitrogen fixation with non legumes. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
32- Vessy, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as bio-fertilizer. Plant and Soil 3: 255-258.
33- Zahir, A.Z., Arshad, M., and Khahid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting

rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science 15: 7-11.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 59-69

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۶۹-۵۹

Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* and Levels of Manure on Quantitative and Qualitative Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

M. Shahraki[1], M. Dahmardeh[2*], E. Khamari[3] and A. Asgharzadeh[4]

Submitted: 25-02-2014
Accepted: 15-09-2015

Shahraki, M., Dahmardeh, M., Khamari, E., and Asgharzadeh, A. 2016. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* and levels of manure on quantitative and qualitative traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 8(1): 59-69.

Introduction

The demand for food and agricultural products are increasing in a line of population increasing in the world (Alexandratos, 2003). It is possible to increase the quality and quantity of agricultural products via extending the farms and producing more products (Astaaraei and Koocheki, 1995). Environmental problems caused by synthetic fertilizers and the high levels of producing and introducing such chemicals, have been encouraged the researchers to apply bio-fertilizers for increasing the production in a frame of sustainable agriculture (Rajendran and Devarj, 2004). In this study, the economical yield and agronomy index of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in manure and bio fertilizers treatments was studied.

Materials and method

This study was conducted in Agricultural Research Institute, University of Zabol during winter season, 2013. Safflower seeds were planted in sandy loam with pH 8.2. The experimental design was factorial in a frame on randomized completely blocks with three replications. The manure as a first factor had three levels, including no treatment (control), 20 and 30 $t.ha^{-1}$, while second factor was bio-fertilizer treatment with 4 levels, including no treatment (control), *Azosprilium* (Azo), *Azotobacter* (Azt) and combined treatment of Azo+Azt. The processed manure and bacteria obtained from local farmers were used in this study.

Populations of 108 bacteria were prepared and 24 hours before sowing, seeds were soaked in bacteria. After land preparation, experimental plots were (2.5×2 m^2) created and treated seeds were planted (40 $plants.m^{-2}$) manually and plantation was watered immediately.

In this study plant height, number of heads in bush, number of seeds per head, seed weight per head, seed weight, grain and biological yield, harvest index, leaf chlorophyll, protein and oil percent were studied. Economical yield and agronomy indices of Safflower were calculated at the end of the season and data were analyzed using SAS software (2000) and the mean values were separated using Duncan test (P= 5%).

Results and discussion

The results showed the maximum weight of 100- seeds were treated with the manure (30 $t.ha^{-1}$). In the treated plants with 30 ton/acre of manure and Azo, the high values of some parameters such as plant height, the numbers of spikes in the plants, the number of seeds in the spike, economic, yield, biological yield, harvesting index, the amount of leaf chlorophyll and percentage of seed protein were observed. In a combined treatment of manure, Azo and Azt, the highest amount of seed oil was detected. High levels of seed treatment with Azo and Azt in short period could not provide all needs of safflower because of the slow release of nutrient. Hence, combined treatment of bio-fertilizers and manure could compensate the nutrient deficiency as well as causing soil fertility and sustainable production of crops such as safflower.

Results confirmed that seed inoculation with Azo and optimal levels of manure may increase safflower yield by increasing nutrient uptake, which improve plant growth and its developmental stages. It was also observed that the traits such as number of spikes per plant, number of seeds per spike, seed weight per spike, seed weight, economic and biologic yield and harvest index were significant.

Conclusion

1, 2, 3 and 4- Msc Student in Agroecology, Department of Agronomy, Associated Professor in Agroecology, Assistant Professor in Physiology, Department of Agriculture, University of Zabol and Assistance professors of Soil and Water Research Institute, Karj, Meshkin Dasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mdahmardeh@uoz.ac.ir)

It was concluded that the manure treatment, increasing the soil organic component, usable phosphorus, nitrate and other nutrients as well as improving soil texture, increase the quality and quantity of agricultural products. According to the results of this study, it seems that the inoculation with bacteria with optimal levels of manure by increasing nutrient uptake, which were associated, increase seed yield. In most characteristics, the use of bio-fertilizers with manure interaction for traits such as number of heads per plant, number of seeds per head, seed weight per head, seed weight, economic performance, biological yield and harvest index was significant.

Keywords: Height plant, Number of seed in spike, Number of spike, Number of tiller

References

1. Alexandratos, N. 2003. World agriculture: Towards 2015-30. Congress on Global Food Security and Role of Sustainable Fertilization. 26-28 March. 2003. Rome, Italy.

2. Astaaraei, A.R., and Koocheki, A. 1995. first edition, Jihad Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, Iran p.168. (In Persian)

3. Rajendran, K., and Devarj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equiseti* folia inoculated with bio-fertilizers in farmland. Biomass and Bioenergy 26: 235-249.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۸۱-۷۰

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 70-81

ارزیابی عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط با بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.) و مقادیر نیتروژن

محمد نباتی نساز[۱]، عبدالقیوم قلیپوری[۲*] و معرفت مصطفوی‌راد[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۷

نباتی نساز، م.، قلیپوری، ع.، مصطفوی‌راد، م.، ۱۳۹۵. ارزیابی عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط با بادام‌زمینی (*Arachis hypogea* L.) و مقادیر نیتروژن. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۸۱-۷۰.

چکیده

این آزمایش، به منظور ارزیابی عملکرد علوفه و صفات مهم زراعی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط با بادام زمینی (*Arachis hypogea* L.) و مقادیر نیتروژن به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان واقع در حومه شهرستان رشت در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان فاکتور اصلی و شش الگوی کشت شامل کشت خالص ذرت (C_1)، کشت خالص بادام‌زمینی (C_2) و الگوهای کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی با نسبت ۱:۱ (C_3)، ۲:۱ (C_4) ، ۱:۲ (C_5) و ۲:۲ (C_6) به عنوان فاکتور فرعی بودند. نتایج نشان داد که کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، بیشترین عملکرد علوفه تر ذرت را در الگوی کشت مخلوط یک ردیف ذرت با یک ردیف بادام‌زمینی (C_3) تولید کرد. اما، اختلاف معنی‌داری با کشت مخلوط دو ردیف ذرت با یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) و دو ردیف ذرت با دو ردیف بادام‌زمینی (C_6) نداشت. بر اساس نتایج این آزمایش، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت با یک ردیف بادام‌زمینی (C_4)، عملکرد هر دو محصول و نسبت برابری زمین را افزایش داد. نسبت برابری زمین در تیمارهای ۱۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت با یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) به ترتیب برابر ۱/۴ و ۱/۵ بود. بدین ترتیب، الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت با یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار می‌تواند برای افزایش نسبت برابری زمین، افزایش عملکرد محصول و ارتقاء درآمد اقتصادی کشاورزان در رشت و شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه باشد.

واژه‌های کلیدی: بقولات، تثبیت نیتروژن، تعادل اکولوژیک، نسبت برابری زمین

مقدمه

بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) یکی از گیاهان مهم تیره لگوم‌ها می‌باشد که به دو صورت دیم و فاریاب کشت می‌شود. دانه بادام‌زمینی حاوی ۴۰ الی ۵۰ درصد روغن و کنجاله آن پس از فرآیند روغن‌کشی حاوی ۳۰ تا ۵۰ درصد پروتئین می‌باشد و نقش به سزایی در تغذیه دام‌ها دارد (Ahmad et al., 2008). به علاوه، ذرت (*Zea mays* L.) به دلیل تنوع ژنتیکی و سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوان در زمره مهم‌ترین گیاهان زراعی ایران و جهان قرار گرفته است (Nour Mohammadi et al., 2007). ذرت به عنوان منبع اولیه انرژی در صنعت دامداری جهان (Anil et al., 1998; Cusicanqui & Lauer, 1999) یک گیاه علوفه‌ای دارای عملکرد و انرژی بالایی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت
(*- نویسنده مسئول: Email: gholipouri@uma.ac.ir)

است که در استان گیلان نیز به دلیل شرایط اقلیمی خاص منطقه بیشتر برای مصارف علوفه‌ای کشت می‌شود.

امروزه توسعه کشت مخلوط به عنوان نمونه‌ای از نظام‌های پایدار در کشاورزی برای دستیابی به اهدافی نظیر ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی، افزایش کمی و کیفی عملکرد، موازنه در امر تغذیه و کاهش خسارت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز یک ضرورت است (Fenandez Aparicio et al., 2007; Lithourgidis et al., 2007). کشت مخلوط با لگوم‌های یک‌ساله یک راهکار مناسب برای جلوگیری از فرسایش خاک و تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان (Moynihan et al., 1996) و افزایش پایداری تولید می‌باشد (Ahmad et al., 2008).

بنابراین، کشت مخلوط لگوم با غیر لگوم‌ها، در شرایط بحرانی آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی، به دلیل قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موجود در اتمسفر توسط ریشه لگوم‌ها می‌تواند راهکار مناسبی برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌های شیمیایی باشد. نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که الگوی کشت مخلوط لگوم‌های یک‌ساله با غلات یک راهکار مناسب برای پوشش زمین، کاهش رقابت علف‌های هرز، جلوگیری از فرسایش خاک و تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان کشت شده می‌باشد (Moynihan et al., 1996). بدین ترتیب، کشت مخلوط پایداری عملکرد را افزایش می‌دهد و از افت عملکرد جلوگیری می‌کند (Ahmad et al., 2008).

در این راستا، گزارش شده است که در صورت عدم کاربرد کودهای شیمیایی، الگوی کشت مخلوط با لگوم‌ها سبب افزایش عملکرد دانه در ذرت و گندم (*Triticum aestivum* L.) گردید (Astatke et al., 1995). همچنین نتایج تحقیقات پیشین نشان داده است که در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) با ذرت، عملکرد دانه و اجزاء عملکرد لوبیا چشم بلبلی افزایش یافت (Maurice et al., 2010). در راستای دستیابی به عملکرد بالا و افزایش کارایی نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط ارزن علوفه‌ای (*Pennisetum americanum* L.) با لوبیا چشم بلبلی (Hosseini et al., 2002) نقش اختلافات مرفولوژیک دو گیاه مهم و اساسی گزارش شده است که این امر سبب افزایش کارایی بهره-مندی از تشعشع خورشیدی و مجموع عملکرد دو گیاه زراعی می‌شود.

در تحقیق دیگر، محققان نشان دادند که سیستم کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی بر سیستم‌های تک‌کشتی این گیاهان برتری داشت (Ahmad et al., 2008). همچنین، توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) در کشت مخلوط دو گیاه ارزن و لوبیا نشان دادند که الگوی کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه خشک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و وزن هزار دانه دو گونه داشت و میزان نسبت برابری زمین در اغلب تیمارهای مخلوط بزرگتر از یک بود. در مطالعه مشابه‌ای گزارش شده است که در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی مجموع عملکرد نسبی در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بزرگتر از یک بود و علت آن را بالا بودن کارایی استفاده از عوامل محیطی مؤثر بر افزایش تولید محصول در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص برشمردند (Eskandari & Ghanbari, 2011). به علاوه، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) دریافتند که از نظر عملکرد دانه و ماده خشک سودمندی نسبت برابری زمین در کشت مخلوط یک در میان ذرت و لوبیا نسبت به دیگر ترکیب های کشت مخلوط برتری داشت.

همچنین، محققان در کشت مخلوط آفتابگردان (*Heliantus annus* L.) و لوبیا نشان دادند که در سیستم کشت مخلوط مقدار نسبت برابری زمین به ۱/۵۱ رسید و میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آن‌ها افزایش یافت (Singh, 2007). محققان دیگری در کشت مخلوط ذرت و لوبیای چشم بلبلی (Dahmardeh et al., 2011) و کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیای چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012)، بالاترین نسبت برابری زمین را به ترتیب در ترکیب تیماری ۱۰۰ درصد ذرت با ۱۰۰ درصد لوبیا چشم بلبلی و کشت مخلوط ۱۰۰ درصد آفتابگردان و ۵۰ درصد لوبیا چیتی به دست آوردند. این تحقیق با هدف تعیین بهترین ترکیب کاشت در الگوی کشت مخلوط ذرت با بادام‌زمینی به منظور کاهش مصرف کود نیتروژن در مزارع ذرت در شرایط اقلیمی رشت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش، به منظور ارزیابی عملکرد علوفه و برخی صفات زراعی ذرت تحت تأثیر الگوهای کشت مخلوط با بادام‌زمینی و مقادیر نیتروژن به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گیلان واقع در حومه شهرستان رشت واقع در طول

جغرافیایی ۴۹ درجه و ۵۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۳۹ دقیقه و ارتفاع پنج متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ انجام شد.

در این آزمایش، سطوح کود نیتروژن با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی و با فرض تثبیت نیتروژن به وسیله بادامزمینی به طوری که نیاز کودی گیاه زراعی ذرت تا حد لازم فراهم گردد، انتخاب و در کشت مخلوط به کار گرفته شد. در این تحقیق از رقم ذرت رایج در منطقه (ذرت ۷۰۴) و بادامزمینی محلی (رقم گلی) برای کشت استفاده شد. بادامزمینی رقم گلی سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی گیلان و عملکرد نسبتاً بالایی دارد و به دلیل دارا بودن اسید چرب غیراشباع اولئیک و پروتئین بالا، از مقاومت بیشتری در برابر کپکزدگی با قارچ *Aspergillus flavus* برخوردار و برای مصرف آجیلی مناسب است. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح کود نیتروژن (صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) (Kafi Ghasemi & Esfahani, 2005; Saman & Sepehry, 2012) به عنوان فاکتور اصلی و شش الگوی کشت شامل کشت خالص ذرت (شش ردیف)، کشت خالص بادامزمینی (شش ردیف) و کشت مخلوط یک ردیف ذرت+ یک ردیف بادامزمینی (۱:۱)، یک ردیف ذرت+ دو ردیف بادامزمینی (۲:۱)، دو ردیف ذرت+ یک ردیف بادامزمینی (۱:۲)، دو ردیف ذرت+ دو ردیف بادامزمینی (۲:۲) به عنوان کرت فرعی بودند.

مطابق نقشه آزمایش، کشت ذرت و بادامزمینی در دو روز متوالی (۲۷ و ۲۸ اردیبهشت ماه ۱۳۹۲) صورت گرفت و در تاریخ ۲۹ اردیبهشت ماه، اولین آبیاری به روش بارانی انجام شد. عملیات آبیاری در مراحل بعدی بر اساس میزان بارندگی در منطقه و با فاصله زمانی پنج تا ۱۰ روز انجام گرفت. فاصله ردیف کاشت ذرت ۷۵ و فاصله بوتهها بر روی ردیف ۱۵ سانتیمتر در نظر گرفته شد. همچنین، فواصل ردیف کاشت در کشت بادامزمینی ۳۷/۵ سانتیمتر و فاصله بوتهها بر روی ردیف ۲۰ سانتیمتر بود. بدین ترتیب، بادامزمینی با تراکم حدود ۱۳۰ هزار بوته و ذرت با تراکم حدود ۹۰ هزار بوته در هکتار (Ahmad et al., 2008) کشت گردید. در این تحقیق، بر اساس نتایج آزمون خاک مزرعه آزمایشی (جدول ۱)، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل ۴۶ درصد قبل از کاشت محصول با یک دیسک سبک به طور یکنواخت با خاک مخلوط شد. کود اوره در سه مرحله همزمان با کاشت، وجین علفهای هرز مرحله اول (همزمان با مرحله چهار برگی بادامزمینی) و مرحله دوم (مصادف با گلدهی بادامزمینی و ظهور اندامهای نر ذرت) به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت.

در پایان فصل رشد و مصادف با خمیری شدن دانه ذرت صفاتی نظیر ارتفاع بوته، وزن تک بوته، قطر و طول بلال، قطر ساقه ذرت، طول و عرض برگ، تعداد و وزن برگهای تک بوته، تعداد و وزن بلال در بوته، عملکرد علوفه تر ذرت و عملکرد بیولوژیک ذرت در مرحله بین خمیری تا سفت شدن دانه تعیین گردید. برای این منظور تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت برداشت و میانگین صفات ۱۰ بوته اندازهگیری شد. در مرحله برداشت محصول ذرت (تاریخهای ۲۸ و ۲۹ مرداد ماه ۱۳۹۲) پس از حذف اثرات حاشیهای، کل بوتههای هر کرت برداشت (سطح برداشت در ترکیبهای مختلف کشت مخلوط متفاوت بود) و عملکرد بیولوژیک و دانه تعیین شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بادامزمینی (چهارم مهر ماه ۱۳۹۲) که حدود یک ۳۵ روز پس از برداشت بوتههای ذرت و مصادف با قهوهای شدن رنگ غلافها در زیر خاک و ظهور شیارهای قهوهای رنگ بر روی غلاف بادامزمینی بود، عملکرد دانه بادامزمینی تعیین و نسبت برابری زمین برای تیمارهای مختلف کشت مخلوط اندازهگیری گردید.

جدول ۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physico-chemical properties of soil

عمق خاک (سانتیمتر)	هدایت الکتریکی (دسیزیمنس بر متر)	اسیدیته	درصد کربن آلی	درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (میلیگرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی-گرم بر کیلوگرم)	درصد شن	درصد سیلت	درصد رس
Soil depth (cm)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	Organic carbon (%)	Total nitrogen (%)	Available phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	Available potassium ($mg.kg^{-1}$)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
0-30	0.29	5.35	1.26	0.156	6.6	217	10	48	42

به منظور مقایسه ترکیب‌های کشت مخلوط، نسبت برابری زمین و نسبت برابری زمین (LER)[1] با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد (مظاهری، ۱۹۹۸):

$$[LER=A_b/A_a-B_b/B_a] \quad (۱)$$

در این معادله، A_a:عملکرد محصول اول در کشت خالص و A_b:عملکرد محصول اول در کشت مخلوط و B_a: عملکرد محصول دوم در کشت خالص و B_b: عملکرد محصول دوم در کشت مخلوط می‌باشد. پس از جمع‌آوری اطلاعات، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.0 و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD و در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نیتروژن بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به استثنای تعداد، طول و عرض برگ (در سطح احتمال یک و پنج درصد) معنی‌دار بود. در این آزمایش، نوع الگوی کشت مخلوط نیز بر اغلب صفات مورد بررسی به استثنای تعداد، طول و عرض برگ و بر قطر بلال تأثیر معنی‌دار داشت. همچنین، اثر متقابل نیتروژن و الگوی کشت مخلوط بر صفاتی نظیر عملکرد علوفه تر ذرت، وزن ساقه، قطر بلال، طول برگ و نسبت برابری زمین معنی‌دار نشان داد (جدول ۲). چنین به نظر می‌رسد که صفاتی نظیر تعداد برگ، طول و عرض برگ بیشتر وابسته به خصوصیات ژنتیکی گیاه بوده و تأثیرپذیری آن‌ها از شرایط محیطی کمتر است. مقایسه میانگین مربوط به اثرات اصلی نشان داد که در شرایط کشت متداول مقدار ۳۰۰ کیلو گرم نیتروژن خالص در هکتار، بیشترین عملکرد علوفه‌تر ذرت برابر با ۵۷۷۳۰ کیلوگرم در هکتار را تولید کرد و عملکرد علوفه تر را به میزان ۲۶/۳۹ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود نیتروژن) بهبود بخشید، ولی در شرایط مشابه، اختلاف معنی‌داری با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نداشت (جدول ۳).

بر اساس نتایج این آزمایش، در روش متداول کشت ذرت میزان ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار سبب تولید حداکثر علوفه تر ذرت تحت شرایط اقلیمی گیلان (رشت) می‌شود. نتایج تحقیقات پیشین نشان می‌دهد که به منظور دستیابی به بیشترین عملکرد بیولوژیک ذرت، مصرف ۲۰۷ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (Kafi Ghasemi & Esfahani, 2005) و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (Saman & Sepehry, 2012) لازم است که با نتایج این آزمایش در سیستم تک‌کشتی متداول ذرت مطابقت دارد. بدین ترتیب، کاربرد حدود ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برای دستیابی به حداکثر عملکرد علوفه ذرت و کاهش آلودگی زیست‌محیطی، در سیستم تک‌کشتی متداول ذرت در منطقه مناسب به نظر می‌رسد.

در این مطالعه، بالاترین وزن تک بوته ذرت، وزن بلال و قطر بلال تحت شرایط تک‌کشتی ذرت، در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به دست آمد و صفاتی نظیر وزن برگ در هر بوته، وزن ساقه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول بلال، تعداد برگ و عرض برگ تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار نشان نداد (جدول ۳). با توجه به غیر معنی‌دار بودن عملکرد علوفه تر ذرت در مقادیر ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار، می‌توان صفات وزن برگ در هر بوته، وزن ساقه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول بلال، تعداد و عرض برگ را از شاخص‌های مهم افزایش عملکرد علوفه تر ذرت در سیستم تک‌کشتی متداول برشمرد.

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی برای صفات اندازه‌گیری شده در الگوهای مختلف کشت مخلوط نیز نشان داد که با افزایش تراکم بوته ذرت در الگوی کشت مخلوط با بادام‌زمینی، تولید علوفه تر ذرت افزایش یافت. در این تحقیق، وزن تک بوته و وزن ساقه ذرت در الگوی کشت دو ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_6) و وزن تک بوته در الگوی کشت دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) تفاوت معنی‌داری با سیستم کشت خالص ذرت نداشت (جدول ۳). به علاوه، بالاترین وزن بلال در هر دو الگوی کشت دو ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_6) و دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) مشاهده گردید. از نتایج حاصله چنین استنباط می‌شود که الگوی کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی، صفاتی از قبیل وزن تک بوته، وزن بلال و وزن ساقه ذرت را بیشتر از صفات دیگر تحت تأثیر قرار می‌دهد و از این طریق عملکرد علوفه تر ذرت را در واحد سطح ارتقاء می‌بخشد.

1- Land equivalent ratio

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات زراعی اندازه‌گیری شده در بادام‌زمینی و ذرت تحت تاثیر سیستم‌های کشت مخلوط و مقادیر مختلف نیتروژن

Table 2- Analysis of variances (mean squares) for measured agronomic traits in peanut and corn as affected by intercropping systems and different nitrogen rates

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه بادام‌زمینی Peanut Seed yield	عملکرد علوفه تر ذرت Forage Yield of Maize	وزن بوته Plant weight	وزن برگ Leaf weight	وزن ساقه Stem weight	وزن بلال Ear weight	ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	قطر بلال Ear diameter	طول بلال Ear length	تعداد برگ Leaf numbers	طول برگ Leaf length	عرض برگ Leaf diameter	نسبت برابری زمین Land Equivalent ratio
بلوک Replication	2	47919.52^{ns}	5471982^{ns}	172.05^{ns}	20.45^{ns}	1158.95^{ns}	2395.51^{ns}	1915.42^{ns}	29.48^{ns}	41.80^{ns}	4.14^{ns}	0.831^{ns}	394.59*	3.69*	0.068^{ns}
نیتروژن Nitrogen	3	2110602.20**	9902082521*	188607.61**	2426.55*	28029.93**	60318.41*	1017.60**	15.11**	142.01**	47.92**	0.839^{ns}	20.17^{ns}	0.875^{ns}	0.251**
اشتباه اصلی Error a	6	129042.78	1368532399	13066.45	303.41	1096.35	7492.18	564.37	0.487	1.698	6.116	1.07	67.48	0.328	0.026
کشت مخلوط Intercropping	4	5238691.04**	17852400052**	55188.58**	7374.79**	9244.85**	20501.55**	497.67*	8.790**	6.87^{ns}	5.418**	0.69^{ns}	20.84^{ns}	1.49^{ns}	0.172**
اثر نیتروژن × کشت مخلوط Replication * intercropping	12	243129.46**	52144059*	5214.51^{ns}	254.95^{ns}	4811.22**	1691.45^{ns}	142.03^{ns}	2.86^{ns}	13.25*	2.152^{ns}	0.201^{ns}	124.96**	1.34^{ns}	0.059**
اشتباه فرعی Error b	32	66206.01	24375982	3144.66	225.60	1305.02	154888	195.45	1.477	5.968	1.295	0.315	31.81	0.787	0.016
کل Total	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

ns, * and **: Are non significant, significant at 5 and 1 probability levels respectively.

ساقه و بلال ذرت به دلیل بالا بودن وزن آن‌ها در مقایسه با برگ‌ها، تأثیر بیشتری بر وزن تک بوته و عملکرد علوفه تر ذرت دارند. به نظر می‌رسد که الگوی کشت مخلوط با بادام‌زمینی به دلیل تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی اتمسفر سبب تداوم جذب بهتر عناصر غذایی به ویژه عنصر نیتروژن در طول دوره رویش به وسیله ریشه گیاه زراعی ذرت می‌شود. بدین ترتیب، بهره‌مندی از عوامل محیطی مؤثر بر رشد گیاه، تداوم فتوسنتز و تجمع بیشتر مواد فتوسنتزی در ساقه و بلال ذرت به ترتیب در مراحل قبل و پس از گرده‌افشانی می‌تواند از عوامل مهم تأثیرگذار بر عملکرد علوفه تر ذرت در الگوهای کشت مخلوط با بادام‌زمینی تلقی شود. به طوری‌که کمترین وزن بلال در الگوی کشت خالص ذرت (C_1) و کمترین وزن تک بوته و ساقه ذرت در الگوی کشت یک ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_5) به دست آمد. به نظر می‌رسد که در الگوی کشت یک ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_5)، قدرت رقابت بین گونه‌ای به نفع گیاه زراعی بادام‌زمینی افزایش می‌یابد و این امر به صورت کاهش وزن تک بوته و ساقه ذرت و افت عملکرد علوفه‌تر ذرت در واحد سطح ظاهر می‌گردد.

در این راستا، محققان نشان دادند که در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی با ذرت بیشترین وزن خشک، تعداد غلاف و تعداد دانه و نسبت دانه به غلاف لوبیا چشم بلبلی به دست آمد (Maurice et al., 2010) محققان دیگری نشان دادند که الگوی کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی از نظر مجموع عملکرد دو گونه گیاهی بر الگوهای تک‌کشتی این گیاهان برتری داشت (Ahmad et al., 2008) به علاوه، کمترین ارتفاع بوته و قطر ساقه و عرض برگ ذرت در کشت خالص ذرت مشاهده گردید، ولی این صفات در اغلب الگوهای کشت مخلوط تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. بالاترین طول بلال در الگوهای کشت مخلوط دو ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_6) و دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) و کمترین طول بلال در بقیه الگوهای کشت مخلوط مشاهده گردید.

مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر متقابل مقادیر نیتروژن و سیستم کشت مخلوط (جدول ۴) نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین (حدود ۱/۵) در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_3) به دست آمد. نتایج مشابه‌ای نیز توسط سینگ (Singh, 2007) در الگوی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا گزارش شده است. نتایج نشان داد که مقادیر بالای نیتروژن از طریق افزایش زیست‌توده گیاهی ذرت در مقایسه با عملکرد دانه بادام‌زمینی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش نسبت برابری زمین داشته باشد. با این حال، از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با الگوی کشت دو ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_6) تحت تاثیر ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و ترکیب کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) در تیمار کودی ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و همچنین در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن (تیمار شاهد) نداشت.

در این آزمایش، به نظر می‌رسد که عدم کاربرد کود نیتروژنه (تیمار شاهد) از طریق افزایش محصول ذرت و بادام‌زمینی ناشی از تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی هوا بر روی ریشه‌های بادام‌زمینی سبب افزایش مجموع عملکرد دو گیاه و نسبت برابری زمین گردید. محققان دیگری نیز نشان دادند که عدم کاربرد کودهای شیمیایی در الگوی کشت مخلوط ذرت و گندم با لگوم‌ها سبب افزایش عملکرد آن‌ها گردید (Astatke et al., 1995)، ولی کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار سبب افزایش نسبت برابری زمین در مقایسه با شرایط عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن (تیمار شاهد) گردید (جدول ۴).

نتایج نشان داد که الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) در سیستم‌های تغذیه پرنهاده، متوسط و کم‌نهاده نیتروژن و همچنین در شرایط عدم مصرف کود نیتروژنه می‌تواند مجموع عملکرد دو گونه گیاهی و نسبت برابری زمین را افزایش دهد، که می‌تواند ناشی از بالا بودن کارایی الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) در استفاده از منابع خاکی نظیر آب و مواد غذایی و افزایش سودمندی تولید دو گونه گیاهی باشد. محققان دیگری نیز افزایش نسبت برابری زمین را در الگوهای کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی (Ahmad et al., 2008)، ارزن و لوبیا (Tavassoli et al., 2010)، ذرت و لوبیا چشم بلبلی (Eskandari & Ghanbari, 2011) و ذرت و لوبیای چیتی (Koocheki et al., 2010) گزارش کرده‌اند.

بر اساس نتایج این تحقیق، به دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین نسبت برابری زمین در شرایط مصرف مقدار بالای کود نیتروژنه با سطوح کمتر آن در الگوی کشت مخلوط فوق و همچنین با توجه به

هزینه بالای تأمین نهاده‌های زراعی و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از کاربرد بالای کودهای نیتروژنه به ویژه در زراعت گیاهان پر توقع نظیر ذرت، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) با نسبت برابری زمین حدود ۱/۴ برای دستیابی به حداکثر عملکرد علوفه تر ذرت و دانه بادام‌زمینی می‌تواند قابل توصیه باشد.

در الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4)، احتمالاً دو عامل تثبیت بیولوژیک نیتروژن مولکولی اتمسفر به وسیله ریشه بادام‌زمینی و اختلافات مرفولوژیک دو گیاه در استفاده از تشعشع خورشیدی سبب افزایش مجموع عملکرد دو گونه زراعی می‌شود. به طوری‌که در شرایط کشت خالص ذرت در مقایسه با الگوی کشت فوق مقدار۴۰ درصد زمین اضافی لازم است تا معادل محصول به دست آمده از الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) حاصل گردد. نقش اختلافات مرفولوژیک دو گیاه در راستای افزایش کارایی بهره‌مندی از تشعشع خورشیدی و مجموع عملکرد دو گیاه در الگوی کشت مخلوط ارزن علوفه ای با لوبیا چشم بلبلی نیز گزارش شده است (Hosseini et al., 2002). بدین ترتیب، ترکیب کشت دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) برای افزایش کارایی بهره‌مندی از نور خورشید در دو گونه گیاهی برای حصول حداکثر عملکرد مطلوب به نظر می‌رسد.

همچنین، افزایش نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) بیانگر آن است که افزایش تراکم بوته ذرت در مقایسه با دانه بادام‌زمینی سهم به سزایی در افزایش سودمندی کشت مخلوط دارد و این امر می‌تواند ناشی از افزایش رقابت بین گونه‌ای به نفع گیاه زراعی ذرت در بهره‌برداری از منابع محیطی رشد و تأمین بهینه نیتروژن مورد نیاز گیاه زراعی ذرت به ویژه در مراحل انتهایی رشد گیاه از طریق تثبیت بیولوژیک نیتروژن هوا توسط ریشه بادام‌زمینی باشد.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات زراعی بادام‌زمینی و ذرت تحت تأثیر سیستم‌های کشت مخلوط و مقادیر مختلف نیتروژن

Table 3- Means comparison of peanut and corn agronomic traits as affected by intercropping systems and different nitrogen rates

تیمار Treatment	وزن بوته (گرم) Plant weight (g)	وزن برگ (گرم) Leaf weight (g)	وزن بلال (گرم) Ear weight (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)	طول بلال (سانتی-متر) Ear length (cm)	تعداد برگ Leaf numbers	عرض برگ (میلی‌متر) Leaf diameter (mm)
مقدار نیتروژن Nitrogen rate								
N_1	378.13^{c*}	96.93^{c}	153.80^{b}	224.52^{a}	16.63^{b}	21.18^{b}	11.39^{a}	8.34^{b}
N_2	461.13^{bc}	109.72^{bc}	184.53^{b}	232.60^{a}	18.46^{a}	24.31^{a}	11.42^{a}	8.57^{ab}
N_3	538.40^{b}	115.86^{ab}	210.60^{b}	238.81^{a}	18.60^{a}	24.71^{a}	11.78^{a}	8.61^{ab}
N_4	641.33^{a}	127.46^{a}	301.00^{a}	243.58^{a}	18.80^{a}	25.08^{a}	11.84^{a}	8.93^{a}
الگوی کشت مخلوط Intercropping pattern								
C_1	572.5^{a}	155.23^{a}	162.43^{c}	225.48^{b}	16.81^{c}	23.11^{b}	11.53^{a}	8.23^{b}
C_2	–	–	–	–	–	–	–	–
C_3	435.08^{b}	97.50^{c}	189.75^{bc}	235.49^{ab}	17.77^{bc}	23.91^{b}	11.54^{a}	8.48^{ab}
C_4	548.67^{a}	111.50^{b}	263.67^{a}	232.01^{ab}	18.82^{ab}	24.80^{a}	11.62^{a}	9.22^{a}
C_5	428.33^{b}	94.75^{c}	199.58^{b}	240.02^{a}	18.23^{ab}	23.27^{b}	11.60^{a}	8.58^{ab}
C_6	539.17^{a}	103.41^{bc}	246.00^{a}	241.40^{a}	18.87^{a}	23.99^{ab}	11.75^{a}	8.45^{ab}

* میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (LSD test %5).

N_1، N_2، N_3 و N_4: به ترتیب صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، C_1: کشت خالص ذرت، C_2: کشت خالص بادام، C_3: یک ردیف ذرت + یک ردیف بادام، C_4: یک ردیف ذرت + دو ردیف بادام، C_5: دو ردیف ذرت + یک ردیف بادام و C_6: دو ردیف ذرت + دو ردیف بادام

N_1, N_2, N_3 and N_4: Nitrogen rates: Zero, 100, 200 and 300 kg.ha^{-1}, respectively. C_1: Sole cropping of corn, C_2: Sole cropping of peanut, C_3, C_4, C_5 and C_6: Intercropping between corn and peanut at ratio of 1:1, 1:2, 2:1 and 2:2, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در بادام‌زمینی و ذرت تحت اثر متقابل نیتروژن و سیستم کشت مخلوط

Table 4- Mean comparisons of studied traits as affected by the interaction between nitrogen rates and intercropping system

تیمار Treatment	عملکرد دانه بادام‌زمینی با غلاف (کیلوگرم در هکتار) Peanut seed plus pod yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه ذرت (کیلوگرم در هکتار) Forage yield of maize ($kg.ha^{-1}$)	وزن ساقه (گرم) Stem weight (g)	قطر بلال (میلی‌متر) Ear diameter (mm)	طول برگ (سانتی‌متر) Leaf length (cm)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio
N_1C_1	–	41553^{bc*}	176.00^{cd}	42.36^{c}	72.06^{bc}	-
N_1C_2	3026.33 ^{b}	–	–	–	–	-
N_1C_3	1252.00 ^{de}	19440^{e}	87.66^{d}	41.66^{c}	76.22^{bc}	0.87^{d}
N_1C_4	1671.00 ^{cd}	35256^{cd}	147.33^{cd}	41.50^{c}	77.96^{bc}	1.40^{ab}
N_1C_5	1878.33 ^{c}	14130^{e}	93.66^{d}	43.83^{c}	79.46^{bc}	0.97^{cd}
N_1C_6	855.00 ^{e}	31473^{d}	131.66^{c}	44.90^{c}	73.96^{bc}	1.04^{cd}
N_2C_1	–	45676^{bc}	170.00^{cd}	42.26^{c}	69.50^{c}	–
N_2C_2	3394.67 ^{e}	–	–	–	–	–
N_2C_3	^{c} 1829.00	23090^{cd}	188.33^{cd}	47.50^{bc}	83.20^{ab}	1.20^{bc}
N_2C_4	1751.33 ^{cd}	46876^{bc}	184.66^{c}	44.70^{c}	75.03^{bc}	1.42^{ab}
N_2C_5	1901.67 ^{cd}	16173^{e}	120.00^{d}	43.06^{c}	77.50^{bc}	0.89^{d}
N_2C_6	1446.00 ^{d}	37880^{cd}	171.33^{cd}	46.46^{bc}	78.06^{bc}	1.17^{bc}
N_3C_1	–	57730^{a}	303.00^{a}	44.83^{bc}	78.26^{bc}	–
N_3C_2	2778.67 ^{b}	–	–	–	–	–
N_3C_3	1329.00 ^{d}	36210^{cd}	156.00^{cd}	46.66^{bc}	69.86^{c}	1.14^{c}
N_3C_4	941.67 ^{e}	40873^{c}	169.00^{cd}	48.50^{bc}	75.46^{bc}	1.06^{cd}
N_3C_5	1701.33 ^{cd}	20876^{e}	208.33^{bc}	48.80^{b}	71.60^{c}	0.99^{cd}
N_3C_6	846.00 ^{e}	46540^{bc}	262.66^{ab}	49.66^{ab}	91.53^{a}	1.13^{c}
N_4C_1	–	58756^{a}	220.66^{b}	52.96^{a}	80.96^{bc}	–
N_4C_2	1624.33 ^{cd}	–	–	–	–	–
N_4C_3	1139.33^{de}	49176^{b}	270.66^{ab}	47.33^{bc}	82.93^{ab}	1.52^{a}
N_4C_4	909.33 ^{e}	51093^{ab}	193.00^{b}	51.06^{a}	77.80^{bc}	1.40^{ab}
N_4C_5	1385.00 ^{d}	24656de	153.33^{cd}	48.63^{bc}	81.23^{b}	1.25^{bc}
N_4C_6	746.67 ^{e}	55090^{ab}	226.66^{b}	49.10^{ab}	70.46^{c}	1.36^{ab}

* میانگین‌هایی که در هر ستون برای هر تیمار دارای حروف مشترک می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد آزمون LSD ندارند.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different (LSD test %5)

N_1، N_2، N_3 و N_4: به ترتیب صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار، C_1: کشت خالص ذرت، C_2: کشت خالص بادام، C_3: یک ردیف ذرت + یک ردیف بادام، C_4: یک ردیف ذرت + دو ردیف بادام، C_5: دو ردیف ذرت + یک ردیف بادام و C_6: دو ردیف ذرت + دو ردیف بادام

N_1, N_2, N_3 and N_4: Nitrogen rates: Zero, 100, 200 and 300 $kg.ha^{-1}$, respectively. C_1: Sole cropping of corn, C_2: Sole cropping of peanut, C_3, C_4, C_5 and C_6: Intercropping between corn and peanut at ratio of 1:1, 1:2, 2:1 and 2:2, respectively.

به طوری‌که کمترین نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط یک ردیف ذرت و دو ردیف بادام‌زمینی (C_5) مشاهده گردید. نتایج نشان داد که در این الگوی کشت، افزایش تراکم بوته بادام‌زمینی در واحد سطح نسبت به ذرت، اگرچه می‌تواند کارایی بوته‌های بادام‌زمینی در استفاده از منابع محیطی رشد نظیر نور و مواد غذایی را در مقایسه با گیاه زراعی ذرت افزایش دهد، ولی نمی‌تواند کاهش سودمندی برابری زمین ناشی از افت عملکرد علوفه تر ذرت را جبران نماید. بدین ترتیب، کاهش عملکرد علوفه تر ذرت سبب نقصان بیشتر نسبت برابری زمین در مقایسه با بادام‌زمینی می‌شود. بنابراین، حفظ تراکم بوته‌های ذرت در حد معینی برای افزایش سودمندی نسبت برابری

زمین در کشت مخلوط با بادام‌زمینی ضروری به نظر می‌رسد. نتایج مشابه‌ای نیز در کشت مخلوط ذرت و لوبیای چشم بلبلی (Dahmardeh et al., 2011) و کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیای چیتی (Nasrollahzadeh Asl et al., 2012)، مبنی بر ضرورت انتخاب تراکم مناسب دو گیاه در الگوی کشت مخلوط برای افزایش مجموع عملکرد دو گونه گیاه زراعی گزارش شده است.

به طور کلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که نسبت برابری زمین در الگوی کشت مخلوط با افزایش تراکم بوته و رقابت به نفع گیاه زراعی ذرت و بادام‌زمینی به ترتیب با افزایش و کاهش مواجه می‌شود. در این آزمایش، نسبت مساوی از ترکیب‌های کشت ذرت و بادام‌زمینی باعث گردید که نسبت برابری زمین در حد واسط قرار گیرد. بدین ترتیب، برای افزایش نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای و بادام‌زمینی، الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) مناسب به نظر می‌رسد. نتایج آزمایشات دیگر محققان نیز حاکی از آن است که در الگوی کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی، عملکرد ذرت در حدود عملکرد کشت خالص آن باقی می‌ماند ولی عملکرد بادام‌زمینی کاهش می‌یابد. با این توصیف، بادام‌زمینی می‌تواند عملکرد اقتصادی و قابل قبول تولید کند. به عبارت دیگر، در الگوی کشت مخلوط، عملکرد بادام‌زمینی در مقایسه با عملکرد ذرت افت بیشتری پیدا می‌کند و عملکرد بالای ذرت سبب افزایش سودمندی نسبت برابری زمین می‌گردد. همچنین، حاصلخیزی خاک با قرار گرفتن یک لگوم در الگوی کشت مخلوط افزایش می‌یابد (Ahmad et al., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که الگوی کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی کارآیی بیشتری در افزایش مجموع عملکرد دو گونه گیاهی با صرف کمترین انرژی فسیلی دارد. بر اساس نتایج این آزمایش، الگوی کشت مخلوط دو ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی (C_4) و مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار برای دستیابی به حداکثر عملکرد علوفه تر ذرت و دانه بادام‌زمینی، ارتقای نسبت برابری زمین، افزایش بهره‌برداری از زمین زراعی و درآمد اقتصادی کشاورزان در رشت و شرایط اقلیمی مشابه قابل توصیه می‌باشد.

منابع

1- Ahmad, Z., Mezori, H.A.M., and Duhoky, M.M.S. 2008. Effect of intercropping systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components of corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogea* L.). Journal of Dohuk University 11(1): 206-214.

2- Anil, J.P., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals for forage: Review of potential for growth and utilization with particular reference to the UK. L. Grass and Forage Science 53: 301-317

3- Astatke, A., Mohamed Saleem, M.A., and El Wakeel, A. 1995. Soil water dynamics under cereal and forage legume mixtures on drained vertisols in the Ethiopian highlands. Agricultural Water Management 27: 17-24.

4- Cusicanqui, J.A., and Lauer, J.G. 1999. Plant density and hybrid influenced on corn forage yield and quality. Agronomy Journal 91: 911-915.

5- Dahmardeh, M., Ghanbarim, A., Siahsar, B., and Ramroudi, M. 2011. Evalution of forage yield and protein content of maize and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. Iranian Journal of Crop Science 13(4): 633-642. (In Persian with English Summary)

6- Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna sinensis* L.) intercropping for nutrient consumption. Crop Science and Sustainable Production 21(2): 67-75. (In Persian with English Summary)

7- Fenandez Aparicio, M., Sillero, J.C., and Rubials, D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. Crop Protection 26: 1166-1172.

8- Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227- 237.

9- Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2002. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping system. Pajouhesh and Sazandegi 59: 60-67. (In Persian with English Summary)

10- Kafi Ghasemi, A., and Esfahani, M. 2005. Evaluation of the effects of nitrogen fertilizer levels on yield and yield

components of seed corn (*Zea mays* L.) in Guilan region. Iranian Journal of Agricultural Science and Natural Resource 12(5): 137-145. (In Persian with English Summary)

11- Koocheki, A., Lalehgani, B., and Najibnia, S. 2010. Evaluation of productivity in bean and corn intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 605-611. (In Persian)

12- Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.

13- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106-113.

14- Maurice, G., Albert, N., and Isidore, T. 2010. Altering time of intercropping cow pea (*Vigna unguinculata* L.) relative to maize (*Zea mays* L.): A food Production strategy to increase crop yield attributes in Adamawa – Cameroon. Journal of Agricultural Science 6: 437-458

15- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Second Edition. Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian)

16- Moynihan, J.M., Simmons, S.R., and Sheaffer, C.C. 1996. Intercropping annual medic with conventional height and semi dwarf barley grown for grain. Agronomy Journal 88: 823-828.

17- Nour Mohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2007. Cereal Production. Vol. 1. Ahvaz Shahid Chamran University Press. Iran. (In Persian)

18- Nasrollahzadeh Asl, A., Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012. Evaluation of sunflower (*Heliantus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. Crop Science and Sustainable Production 22(2): 79-90. (In Persian with English Summary)

19- Oluwasemire, K.O., Stigter, C.J., Owonubi, J.J., and Jagtab, S.S. 2002. Seasonal water use and water productivity of millet-based cropping systems in the Nigerian Sudan Savanna near Kano. Agricultural Water Management 56: 207-227.

20- Saman, M., and Sepehry, A. 2012. Effects of water deficit stress and nitrogen levels on growth and yield of two maize (*Zea mays* L.) varieties. The proceeding of 12th Iranian Crop Science Congress. Karaj, Iran. (In Persian)

21- Singh, J.K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rain fed conditions of temperate Kashmir. Indian Journal of Agronomy 52: 36-39.

22- Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and Haidari, M. 2010. Effect of manure and chemical fertilizers on forage and seed yield of millet (*Panicum miliaceum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(2): 203-212. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 70-81

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۸۱-۷۰

Evaluation of Forage Yield and Important Agronomic Indices of Corn Affected by Intercropping Systems with Peanut and Nitrogen Rates

M. Nabati Nasaz[1], A. Gholipouri[2*] and M. Mostafavi Rad[3]
Submitted: 17-04-2014
Accepted: 29-10-2014

Nabati Nasaz, M., Gholipouri, A., Mostafavi Rad, M. 2016. Evaluation of forage yield and important agronomic indices of corn as affected by intercropping systems with peanut and nitrogen rates. Journal of Agroecology 8(1): 70-81.

Introduction

Multiple cropping such as intercropping plays an important role in agriculture because of maximizing beneficial interactions. Intercropping of legumes and cereals is an old practice in tropical agriculture that dates back to ancient civilization. Maize-legume intercrops could substantially increase forage quantity and quality and decrease requirement for protein supplements (Ahmad et al., 2008). Intercropping of cereals and legumes is important for development of sustainable food production systems. This may be due to some of the potential benefits in intercropping systems such as high productivity and profitability, improvement of soil fertility through the additional supply of N by fixation and excretion from the component legume, efficient use of resources, reducing damage caused by pests, diseases and weeds and improvement of forage quality (Ahmad et al., 2008; Fernandez-Aparicio et al., 2007; Lithourgidis et al., 2006). The main advantage of intercropping is more efficient utilization of the available resources and the increased productivity compared with each sole crop of the mixture. Therefore, this experiment was conducted to evaluate agronomic characteristics of corn and Land equivalent ratio (LER) under intercropping with peanut and different rates of nitrogen.

Materials and methods

In order to evaluate the forage yield and important agronomic indices of corn (*Zea mays* L.) affected by intercropping systems with peanut and different nitrogen rates, this experiment was performed in the experimental field of agricultural and natural resource research center of Guilan province, Rasht, Iran, during 2013-14 cropping season as a split plot arrangement in randomized complete block design with three replications. Nitrogen rates, including of zero, 100, 200 and 300 kg per hectare as main plot and sole cropping of corn and peanut (*Arachis hypogaea* L.), intercropping systems including of intercropping corn and peanut at ratio of 1:1, 2:1, 1:2 and 2:2 on alternative furrows as sub plot, comprised the experimental factors.

Results and discussion

The results of this experiment showed that the effects of nitrogen were significant for all measured characteristics except the leaf number, leaf length and wide. Also, the effects of intercropping were significant for all study traits except the ear diameter, leaf number, leaf length and wide. In addition, the interaction effects of the nitrogen × intercropping system were significant for peanut seed yield, corn forage yield, stem weight, stem diameter, ear diameter, leaf length and land equivalent ratio. The results of this experiment showed that the application of 300 kg nitrogen per hectare obtained the highest corn forage yield under (C_6) intercropping system. At the same condition, no significant difference was observed for corn forage yield between (C_4) and (C_6) intercropping systems. The interaction between 100 kg N/ha × C_5 intercropping system at the ratio of 1:2 showed the greatest peanut seed yield. Peanut seed yield decreased by increasing the nitrogen application rate. However, based on this experiment results, application of 300 kg nitrogen per hectare increased total production of both corn and peanut and land equivalent ratio (LER= 1.51) under (C_3) intercropping system. The land equivalent ratio (LER) under 100 and 300 kg per hectare and intercropping system of corn with peanut (C_4) by the ratio of 2:1 was 1.42 and 1.39, respectively. There was no significant difference between the land equivalent ratio (LER) under above mentioned conditions. The results showed that maize-peanut intercropping increased

1, 2 and 3- MSc Student, Assistant Professor of Agronomy, University of Mohaghegh Ardabili, Assistant Professor, Department of Agronomy and Horticulture Research, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Guilan Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gholipouri@uma.ac.ir)

corn forage yield compared to peanut seed yield. Hence, increment of land equivalent ratio (LER) related to corn forage yield more than seed yield of peanut.

Conclusion

In general, results showed that maize-peanut intercropping could be profitable due to use of the available resources. Maize-peanut intercropping system can decrease yield loss caused by pest and disease and enhance soil fertility. Maize-peanut intercropping pattern can increase productivity compared to sole cropping. According to our results, intercropping system of corn with peanut (C_4) by the ratio of 2:1 and utilizing of 100 kg nitrogen per hectare could be recommendable for enhancement of crop production and increment of farmers economical income in Rasht and similar climatic conditions.

Acknowledgement

The authors gratefully acknowledge the comments and suggestions received from Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Guilan province.

Keywords: Ecological equilibrium, Land equivalent ratio, Leguminous, Nitrogen fixation

References

Ahmad, Z., Mezori, H.A.M., and Duhoky, M.M.S. 2008. Effect of intercropping systems and nitrogen fertilizer on yield, yield components of corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogea* L.). Journal of Dohuk University 11(1): 206-214.

Fernandez-Aparicio, M., Sillero, J.C., and Rubials, D. 2007. Intercropping with cereals reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. Crop Protection 26: 1166-1172.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106-113.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۹۴-۸۲

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 82-94

بررسی توان رقابتی برخی ارقام عدس (*Lens culinaris* L.) به تداخل علف‌های هرز در شرایط دیم

جواد حمزه‌ئی [۱*]، محسن سیدی [۲] و مجید بابائی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۲

حمزه‌ئی، ج.، سیدی، م.، و بابائی، م. ۱۳۹۵. بررسی توان رقابتی برخی ارقام عدس (*Lens culinaris* L.) به تداخل علف‌های هرز در شرایط دیم. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۹۴-۸۲.

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی واکنش برخی شاخص‌های زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد پنج رقم عدس (*Lens culinaris* L.) به تداخل علف‌های هرز در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل وجین و عدم وجین علف‌های هرز و پنج رقم عدس (بیله‌سوار، کارالینتا، کیمیا، سیمره و بومی) بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کنترل علف‌های هرز و رقم بر کلیه صفات معنی‌دار شد. اثر متقابل تیمارها نیز بر عملکرد دانه و بیولوژیک معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب ۱۱۰ و ۳۳۸ گرم در مترمربع) از رقم بومی و تیمار وجین علف‌هرز به دست آمد. کمترین میزان این ویژگی‌ها به ترتیب با ۸۲ و ۷۰ درصد کاهش در رقم کارالینتا در تیمار عدم وجین علف‌هرز مشاهده شد. تداخل علف‌های هرز به طور معنی‌داری شاخص‌های زراعی و عملکرد ارقام عدس را کاهش داد. بیشترین و کمترین تراکم و بیوماس علف‌هرز نیز به ترتیب در رقم کارالینتا (۲۳/۳۳ بوته و ۱۱۶ گرم در مترمربع) و بومی (۱۵ بوته و ۸۱ گرم در مترمربع) مشاهده شد. بالاترین شاخص رقابت و توانایی تحمل (به ترتیب ۲/۰۲ و ۵۱/۸۲) در رقم بومی و کمترین میزان این شاخص‌ها (به ترتیب ۰/۴۹ و ۲۳/۵۳) در رقم کارالینتا مشاهده شد. با توجه به نتایج این آزمایش، رقم بومی بیشترین و رقم کارالینتا کمترین قابلیت رقابت با علف‌های هرز را داشتند.

واژه‌های کلیدی: دیمکاری، زیست توده، کشاورزی پایدار، مدیریت تلفیقی علف‌هرز

مقدمه

عدس (*Lens culinaris* L.) از مهمترین حبوبات در سیستم‌های کشت دیم به خصوص در تناوب با جو (*Hordeum vulgare* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) در مناطق با بارندگی کم تا متوسط به حساب می‌آید. دانه آن سرشار از پروتئین بوده و نقش مهمی در تغذیه انسان و حتی دام دارد. کاه آن نیز از ارزشی معادل دانه برخوردار است (Mousavi & Ahmadi, 2007). بنابراین، با توجه به ارزش اقتصادی، زراعی و نقشی که این گیاه در تناوب با غلات دیم نظیر گندم دارد یکی از مناسب‌ترین گیاهان در تناوب زراعی بوده، به طوری که در آزمایش‌های تناوب زراعی کاشت آن در مناطق دیم توصیه شده است (Parsa & Bagheri, 2008). قدرت تثبیت نیتروژن در ریشه حبوبات موجب گسترش کاشت آن در مناطق خشک و نیمه‌خشک گردیده است. به طوری‌که در شرایط مناسب در هر هکتار حدود ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن توسط میکروارگانیسم‌ها در ریشه لگوم تثبیت شده و به خاک اضافه می‌گردد. این امر باعث کاهش مصرف کودهای نیتروژنه و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید می‌گردد (Walley et

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: (Email: j.hamzei@basu.ac.ir

al., 2007). برای تولید محصولات زراعی، گیاهان در شرایط حاصلخیزی متوسط تا بالا رشد داده می‌شوند و به منظور افزایش عملکرد، مقادیر زیادی کودهای شیمیایی در این مزارع مورد استفاده قرار می‌گیرد. رقابت در این گونه سامانه‌ها می‌تواند به عنوان فرآیند جذب و استفاده از منابع مشترک توسط گیاه و علف‌های هرز همراه آن، تعریف گردد. علف‌های هرز از گذشته‌های دور به عنوان رقیب گیاهان زراعی مطرح بوده و باعث کاهش تولید آن‌ها می‌شوند (Lance & Liebman, 2003). بر اساس مطالعات انجام شده، اگر علف‌های هرز کنترل نشوند، عملکرد گیاهان زراعی بسته به توانایی رقابت علف‌های هرز بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد کاهش می‌یابد (Auškalnienė et al., 2010). مدیریت علف‌های هرز از عوامل ضروری برای موفقیت یک سامانه تولید کشاورزی است. استفاده گسترده از علف‌کش‌ها به عنوان یکی از ابزارهای اصلی مدیریت علف‌های هرز در اواخر قرن بیستم باعث افزایش تولید محصولات زراعی در کشورهای توسعه یافته شده است (Fakhari et al., 2013). در سال‌های اخیر، پدیده مقاومت به علف‌کش‌ها در علف‌های هرز، افزایش هزینه‌ها و نگرانی‌های گسترده در مورد اثرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف زیاد آن‌ها، باعث شده است که تمایل بیشتری برای استفاده از روش‌های غیرشیمیایی جهت کاهش مصرف علف‌کش‌ها نشان داده شود (Mohammad Dost Chamanabad & Asghari, 2009). ارقام مختلف یک گیاه زراعی دارای ویژگی‌های متفاوت رشد و نمو هستند و از لحاظ توان رقابتی با علف‌های هرز، بین ارقام یک گیاه نیز تفاوت زیادی دیده می‌شود (Mazaheri et al., 2006). باغستانی و زند (Baghestani & Zand, 2004) گزارش کردند که قدرت رقابتی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در مقابل علف‌هرز ناخنک (*Goldbachia laevigata* L.) متفاوت بوده و این تفاوت را به ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک آن‌ها نظیر ارتفاع بوته، تعداد ساقه بارور، ماده خشک تجمعی، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی نسبت داده‌اند. باغستانی و همکاران (Baghestani et al., 2005) نیز گزارش کردند که ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان زراعی توانایی رقابت متفاوتی با علف‌های هرز دارند و ویژگی‌های مرفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته و سطح برگ در افزایش توان رقابتی بسیار مهم هستند.

با توجه به مطالب ارائه شده، قدرت رقابتی و توان ارقام مختلف محصول متفاوت بوده و همین عامل می‌تواند به عنوان یک ابزار در مدیریت پایدار علف‌های هرز مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به این‌که علف‌های هرز یکی از عوامل محدودکننده در کشت عدس می‌باشند و از علف‌کش‌ها به طور گسترده‌ای جهت کنترل آن‌ها استفاده می‌شود، این تحقیق به منظور بررسی توانایی و تحمل ارقام مختلف عدس دیم در شرایط تداخل و کنترل علف‌های هرز انجام شد تا بر اساس آن رقمی که از قدرت رقابتی و یا تحمل بالا در مقابل علف‌هرز برخوردار باشد، معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا واقع در عباس آباد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در ۲۷ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی، ۳۵ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و ۱۸۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا قرار داشت. میانگین بارندگی ۲۰ ساله در منطقه ۳۱۵ میلی‌متر و میزان کل بارندگی در طول اجرای آزمایش نیز ۷۵/۸ میلی‌متر بود (اداره کل هواشناسی استان همدان). نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. وجین و عدم وجین علف‌های هرز و پنج رقم عدس (بیله‌سوار، کارالینتا، کیمیا، سیمره و بومی) تیمارهای آزمایش بودند. ابعاد هر کرت ۲/۵×۲ متر بود. در هر کرت چهار خط کاشت با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت در تاریخ ۲۵ اسفند سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. وجین علف‌های هرز در کرت‌های عاری از علف‌هرز به صورت دستی انجام گرفت. در این آزمایش صفات ارتفاع بوته (به صورت میانگین ۱۰ بوته)، تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص کلروفیل برگ اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. برداشت نهایی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، در اواسط تیر ماه ۱۳۹۲ انجام گرفت. در مرحله رسیدگی یک ردیف از هر طرف و نیم متر از دو انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و بر اساس بوته‌های برداشت شده، اجزای عملکرد و عملکرد دانه و بیولوژیک اندازه‌گیری و محاسبه شد. برای تعیین وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد چهار نمونه ۱۰۰۰ تایی از بذور هر واحد آزمایشی جدا شد و پس از توزین، متوسط وزن چهار نمونه به عنوان وزن ۱۰۰۰ دانه در نظر

گرفته شد. شاخص کلروفیل برگ نیز با استفاده از دستگاه SPAD502 در زمان گلدهی اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که از هر واحد آزمایشی تعداد سه بوته انتخاب و شاخص کلروفیل با استفاده از دستگاه مذکور برای هر بوته چهار بار اندازه‌گیری شد و میانگین اعداد به دست آمده به عنوان شاخص کلروفیل کرت مورد نظر به ثبت رسید. اندازه‌گیری تراکم و زیست توده علف‌های هرز با استفاده از یک کوادرات ۱×۱ متر و به صورت تصادفی از سه نقطه هر کرت انجام و نمونه‌ها برای تعیین وزن خشک به آزمایشگاه منتقل شدند. سپس نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک آن‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد. شاخص تحمل ارقام عدس به حضور علف‌های هرز نیز با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

$$AWC = (\frac{V_{\inf ested}}{V_{pure}}) \times 100 \qquad (۱)$$

در این معادله، AWC[1]: قدرت تحمل گیاه زراعی (عدس) به علف‌هرز، $V_{infested}$: عملکرد رقم i در شرایط آلوده به علف‌هرز و V_{pure}: عملکرد همان رقم در شرایط عاری از علف‌هرز

هر چقدر مقدار این شاخص بزرگتر باشد نشان‌دهنده توانایی بیشتر گیاه زراعی برای تحمل به علف‌هرز است (Watson et al., 2002). برای تعیین ارقام رقیب، نیمه‌رقیب و ضعیف نیز از شاخص رقابت[2] معادله (۲) استفاده شد (Baghestani & Zand, 2004).

$$CI = (\frac{Var_i}{Var_{mean}}) / (\frac{Weed_i}{Weed_{mean}}) \qquad (۲)$$

در این معادله، CI: شاخص رقابت، Var_i: عملکرد رقم i در حضور علف‌های هرز، Var_{mean}: متوسط عملکرد همه ارقام در حضور علف هرز، $Weed_i$: بیوماس علف‌هرز مربوط به رقم i و $Weed_{mean}$: متوسط بیوماس علف‌هرز در همه ارقام

قبل از تجزیه واریانس، آزمون نرمالیته و یکنواختی واریانس خطای آزمایش صورت گرفت و سپس تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 6.12 و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته و تعداد شاخه در بوته

اثر کنترل علف‌های هرز بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد، ولی اثر رقم و اثر متقابل علف‌هرز در رقم بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌هرز بر ارتفاع بوته نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته (۲۷/۴۰ سانتی‌متر) به تیمار وجین علف‌هرز تعلق گرفت. کمترین ارتفاع (۲۱/۶۰ سانتی‌متر) در تیمار عدم وجین علف‌هرز مشاهده شد، که در مقایسه با تیمار وجین علف‌هرز، ۲۱/۱۶ درصد کاهش داشت. در منابع، گزارش‌های متناقضی در رابطه با اثر رقابت علف‌های هرز بر ارتفاع بوته گیاهان زراعی وجود دارد. کاورماسی و همکاران (Kavurmaci et al., 2010) گزارش کردند که افزایش رقابت علف‌های هرز، ارتفاع بوته باقلا (*Vicia faba* L.) را کاهش داد. در حالی‌که، ویلیامز و لیندکوئیست (Williams & Lindquist, 2007) اظهار کردند که در ذرت شیرین، (*Zea mays* L.) تداخل علف‌های هرز سبب افزایش ارتفاع بوته شد. افزایش نسبت نور مادون قرمز نسبت به نور قرمز به علت سایه‌اندازی علف‌های هرز، دلیل افزایش ارتفاع بوته گیاه در اثر رقابت بیان شده است (Rohrig & Stutzel, 2001). این افزایش ارتفاع بوته، صرفاً به دلیل افزایش در اندازه سلول‌ها، بدون تغییر در میزان تقسیم سلولی است (Ghamari & Ahmadvand, 2012). بنابراین، در آزمایش حاضر، احتمالاً کاهش منابع رشد در تیمار آلوده به علف‌هرز و در نتیجه کاهش تقسیم سلولی سبب کاهش ارتفاع بوته عدس شده است. به طوری‌که، افزایش طول سلول در اثر سایه‌اندازی نتوانسته این کاهش ارتفاع را جبران نماید.

تعداد شاخه در بوته در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار علف‌هرز و رقم قرار گرفت، ولی اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه در بوته (۶/۴۰ شاخه در بوته) مربوط به تیمار وجین علف‌هرز و کمترین آن با ۴/۶۰ شاخه در بوته و ۲۸/۱۲ درصد کاهش به تیمار عدم وجین تعلق گرفت. دلیل افزایش تعداد شاخه در بوته در تیمار کنترل علف‌هرز می‌تواند از افزایش قابلیت دسترسی گیاه زراعی به عناصر غذایی و فضای در دسترس برای توسعه بوته‌ها ناشی شود. در حالی‌که، تداخل علف‌های هرز و تشدید رقابت آن‌ها با گیاه زراعی موجب کاهش تعداد شاخه در بوته می‌شود (Mirshekari et al., 2008).

1- Ability withstand competition
2- Competitive index

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experimental site

بافت Texture	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	درصد شن Sand (%)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) Phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) Potassium (ppm)	درصد نیتروژن Nitrogen (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	درصد کربن آلی Organic matter (%)
رسی- شنی	27	30	43	4.59	590	0.13	7.46	0.409	1.32

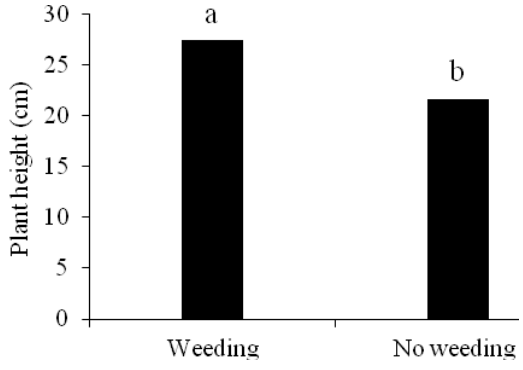
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کنترل علف‌هرز و رقم بر برخی شاخص‌های زراعی، اجزای عملکرد و عملکرد عدس

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of weed control and cultivar on some agronomic indices, yield and yield components of lentil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Branches number per plant	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Grain number per pod	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	قرائت کلروفیل متر Chlorophyll meter reading
تکرار Replication	2	0.10	0.10	5.85	0.01	0.93	55	369	0.001
علف‌هرز Weed	1	252.30**	43.20**	181.30**	0.81**	212.26**	25579**	186914**	108.30**
رقم Cultivar	4	24.00 ns	4.95**	15.85*	0.10*	87.46*	1184**	5931**	10.80ns
اثر متقابل Interaction	4	1.80 ns	0.45ns	0.75 ns	0.008 ns	14.58 ns	216*	3461*	0.30ns
خطا Error	18	15.43	0.54	4.62	0.025	18.86	73	909	12.88
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		16.03	14.18	11.81	10.91	11.54	13.18	13.27	13.18

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

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



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر وجین و عدم وجین علف‌هرز بر ارتفاع بوته عدس

Fig. 1- Mean comparison for the effect of weeding and no weeding on plant height of lentil

نتایج مشابهی در مورد گندم توسط احمدخان و همکاران (Ahmad Khan et al., 2003) گزارش شده است. رحیم‌زاده و همکاران (Rahimzadeh et al., 2013) نیز دلیل کاهش تعداد شاخه در بوته عدس در تداخل با علف‌های هرز را به کاهش ساخت و تحریک آغازه‌های ایجاد کننده شاخه و کم شدن مواد فتوسنتزی در نتیجه رقابت با علف‌های هرز نسبت دادند. مقایسه میانگین ارقام نشان داد که بیشترین تعداد شاخه (۶/۵ شاخه در بوته) از رقم بیله‌سوار به دست آمد. همچنین، کمترین میزان این ویژگی با چهار شاخه در بوته و ۳۸/۴۶ درصد کاهش به رقم سیمره تعلق گرفت (جدول ۳). متفاوت بودن تعداد شاخه در بوته ارقام عدس به دلیل تفاوت‌های ژنتیکی در شرایط رقابت با علف‌های هرز توسط پور طاهری و همکاران (Pour Taheri et al., 2012) و آوال و آشوتوس (Awal & Ashotus, 2015) نیز گزارش شده است.

اجزای عملکرد

تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف

اثر کنترل علف‌های هرز در سطح احتمال یک درصد و اثر رقم در سطح احتمال پنج درصد بر صفات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد. ولی اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر این صفات معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر ساده کنترل علف‌هرز نشان داد که بیشترین تعداد غلاف (۲۰/۶۶ غلاف در بوته) از تیمار وجین علف‌هرز و کمترین میزان آن از تیمار عدم وجین علف‌هرز به دست آمد. تیمار عدم وجین در مقایسه با تیمار وجین علف‌هرز تعداد غلاف در بوته را ۲۳/۷۶ درصد کاهش داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد کوچک بودن بوته‌های عدس در تیمار تداخل با علف‌های هرز، فرصت کافی را برای گسترش سایه‌انداز علف‌های هرز فراهم می‌کند. لذا، در تیمار عدم کنترل علف‌های هرز، به علت رقابت علف‌های هرز با عدس بر سر منابع مورد نیاز برای رشد (نور، آب و عناصر غذایی)، ظرفیت فتوسنتزی کاهش یافته و در نتیجه تعداد غلاف در بوته به علت عدم توازن بین منبع و مخزن و ریزش گل‌ها، کاهش می‌یابد. ملک ملکی و همکاران (Malek Maleki et al., 2013) تعداد غلاف در بوته را حساس‌ترین جزء عملکرد معرفی و اظهار داشتند که این صفت به شدت تحت تأثیر رقابت علف‌های هرز قرار می‌گیرد. در نخود (*Cicer arietinum* L.) نیز کاهش تعداد غلاف در بوته بر اثر رقابت علف‌های هرز گزارش شده است (Hamzei et al., 2012). همچنین، مقایسه میانگین ارقام حاکی از این بود که بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته (به ترتیب ۲۰/۷۹ و ۱۶/۵۰ غلاف در بوته) از رقم بومی و کارالینتا به دست آمد (جدول ۳). علت کمتر بودن تعداد غلاف در برخی ارقام را می‌توان به تفاوت‌های ژنتیکی ارقام و نیز تفاوت در توان رقابتی آن‌ها با علف‌های هرز نسبت داد. میانگین تعداد دانه در غلاف در تیمار عدم وجین ۱/۳۰ بود که به ۱/۶۳ دانه در غلاف در تیمار وجین علف‌هرز افزایش یافت. علت کاهش تعداد دانه در غلاف را می‌توان ناشی از افزایش سایه‌اندازی علف‌های هرز و در نتیجه کاهش فتوسنتز و به دنبال آن تخصیص ماده خشک کمتر به دانه‌ها دانست. کاهش تعداد دانه در غلاف در اثر رقابت علف‌های هرز، توسط سایر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Aghaalikhani et al., 2006; Pour Taheri et al., 2012). در بین ارقام، رقم بومی با بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱/۶۲) در رتبه اول قرار گرفت (جدول ۴). ولی، رقم بومی با ارقام کیمیا و سیمره از نظر تعداد دانه در غلاف تفاوت معنی‌دار نداشت.

وزن هزار دانه

اثر کنترل علف‌هرز و رقم بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). ولی اثر متقابل علف‌هرز در رقم بر این ویژگی معنی‌دار نشد. به طوری‌که، مقایسه میانگین اثر ساده کنترل علف‌های هرز نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه (۴۰/۵۶ گرم) در تیمار وجین و کمترین آن با ۱۳/۶۰ درصد کاهش در تیمار عدم وجین علف‌هرز مشاهده شد (جدول ۴). وجود علف‌های هرز در زمان پر شدن دانه بر وزن هزار دانه تأثیر منفی دارد. در واقع در اثر رقابت علف‌های هرز از مقدار مواد غذایی که باید جهت تشکیل دانه‌ها و ذخیره در اندام‌های اندوخته‌ای مثل دانه صرف شود، کاسته و در نتیجه دانه‌ها از اندازه کوچکتر و وزن کمتری برخوردار خواهند بود. حسین و همکاران (Hussain et al., 2009) در آزمایش خود کاهش وزن هزار دانه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را در نتیجه افزایش رقابت علف‌های هرز مشاهده کردند. محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2005) نیز نشان دادند که افزایش تداخل علف‌های هرز با نخود منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه این گیاه شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌هرز و رقم بر تعداد شاخه در بوته و اجزای عملکرد عدس

Table 3- Means comparison of the effect weed control and cultivar on number of branches per plant and yield components of lentil

		تعداد شاخه در بوته Branches number per plant	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	تعداد دانه در غلاف Seed number per pod	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)
علف‌هرز Weed	وجین Weeding	6.40[a*]	20.66[a]	1.63[a]	40.56[a]
	عدم وجین No weeding	4.60 [b]	15.75[b]	1.30[b]	35.04[b]
رقم Cultivar	بیله‌سوار Bilehsavar	6.50[a]	17.41[b]	1.32[b]	42.70[a]
	کارالینتا Karalinta	5.50[b]	16.50[b]	1.32[b]	40.60[ab]
	کیمیا Kimia	5.00[b]	18.58[ab]	1.55[a]	36.20[bc]
	سیمره Seymareh	4.00[b]	17.75[b]	1.50[ab]	34.30 [c]
	بومی Local	5.00[b]	20.79[a]	1.62[a]	34.36[bc]

* میانگین‌های هر ستون و برای هر جزء که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

* Means in each column and component, followed by similar letter have not significant different based on LSD test at 5% probability level.

نتیجه بررسی اثر رقم بر وزن هزار دانه نشان داد که رقم بیله‌سوار با وزن هزار دانه ۴۲/۷۰ گرم در مقایسه با رقم سیمره با وزن هزار دانه ۳۴/۳۰ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش مقصدهای فیزیولوژیک در ارقام مقاوم به حضور علف‌هرز که بر اثر افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف پدید آمده است، باعث کاهش اختصاص فرآورده‌های تولیدی گیاه به هر دانه شده و وزن هزار دانه کاهش یافته است.

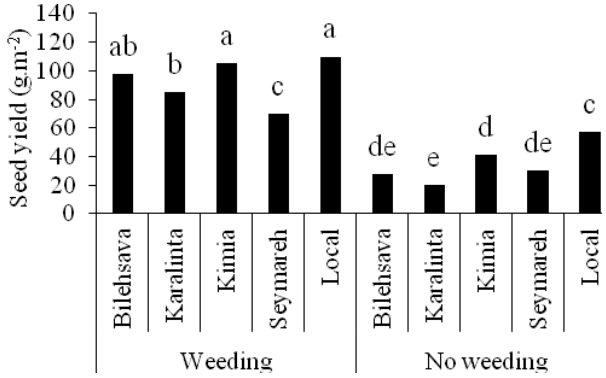
عملکرد دانه و بیولوژیک

نتیجه تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر کنترل علف‌هرز و رقم بر عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر عملکرد دانه و بیولوژیک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسات میانگین اثرات متقابل ارقام عدس در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز برای صفت عملکرد دانه حاکی از آن بود که بیشترین میزان عملکرد دانه (۱۱۰ گرم در مترمربع) از رقم بومی در شرایط وجین علف‌هرز به دست آمد. در مقایسه با تیمار مذکور، کمترین عملکرد دانه با ۸۲ درصد کاهش از رقم کارالینتا در شرایط عدم وجین به دست آمد (شکل ۲). در نبود عوامل کنترل‌کننده علف‌های هرز، رقابت گیاه با علف‌های هرز بر سر منابع مشترک افزایش یافته، به طوری‌که تا حد زیادی از عملکرد محصول کاسته می‌شود. از طرفی، کاهش در عملکرد دانه را می‌توان به اثر نامطلوب علف‌های هرز بر اجزای عملکرد نسبت داد که کاهش اجزای عملکرد منجر به کاهش عملکرد نهایی دانه می‌گردد. گزارش حمزه‌ئی و همکاران (Hamzei et al., 2007) نیز حاکی از آن است که عملکرد دانه کلزا (*Brassica napus* L.) به طور معنی‌داری در رقابت با علف‌های هرز کاهش یافت. دیهیم‌فرد و همکاران (Deihimfard et al., 2007) نیز گزارش کرد که در ارقام گندم، عملکرد اقتصادی تحت تأثیر علف‌هرز کاهش یافته و این کاهش به صورت خطی و در ارقام مختلف متفاوت است. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۳۳۸ گرم در مترمربع) به رقم بومی در شرایط وجین علف‌هرز تعلق گرفت که اختلاف معنی‌دار با ارقام کارالینتا، کیمیا و بومی در شرایط وجین علف‌هرز نداشت. کمترین میزان این ویژگی (۱۰۳ گرم در مترمربع) از رقم کارالینتا در شرایط عدم وجین علف‌هرز به دست آمد. رقم بومی در شرایط وجین علف‌های هرز از افزایش ۷۰

درصدی از نظر عملکرد بیولوژیک در مقایسه با رقم کارالینتا در شرایط عدم وجین، برخوردار بود (شکل ۳). در تیمار کنترل علف‌هرز، نور و عوامل رشد به راحتی در دسترس گیاه قرار گرفته که این امر باعث توسعه سطح برگ و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک در واحد سطح شده است. بالاتر بودن زیست توده ارقام مختلف در شرایط رقابتی را می‌توان به عنوان یکی از صفات مؤثر در توانایی رقابت آن‌ها دانست که می‌تواند باعث کاهش زیست توده علف‌های هرز شود. صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2001) دریافتند که در تعیین سهم هر یک از صفات سویا (*Glycine max* L.) در قابلیت رقابت با علف‌های هرز، هر چه میزان کل ماده خشک بیشتر باشد تأثیر بیشتری بر کاهش وزن خشک علف‌های هرز داشته و از توانایی رقابتی بیشتر با علف-های هرز برخوردار خواهد بود.

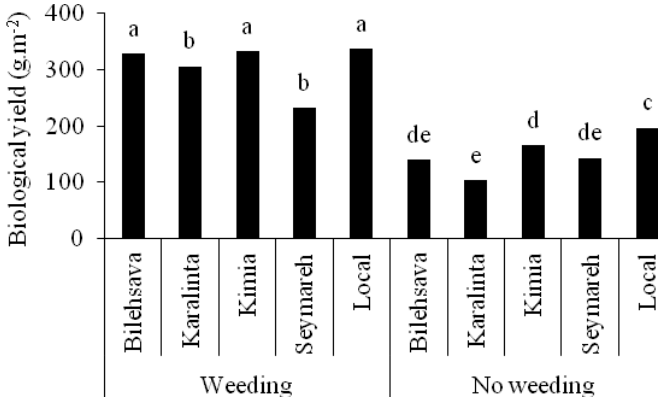
قرائت کلروفیل‌متر

قرائت کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمار کنترل علف‌هرز قرار گرفت، ولی اثر رقم و اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر این ویژگی معنی‌دار نشد (جدول ۲). بیشترین قرائت کلروفیل‌متر (۳۵/۸۰) به تیمار وجین علف‌هرز تعلق داشت و کمترین میزان این ویژگی (۳۲/۰۰) از تیمار عدم وجین به دست آمد. تیمار تداخل علف‌های هرز در مقایسه با تیمار وجین میزان قرائت کلروفیل متر عدس را ۱۰/۶۱ درصد کاهش داد (شکل ۴). دلیل افزایش کلروفیل در تیمار وجین علف‌های هرز را می‌توان به دسترسی بهتر گیاه به عناصر غذایی به ویژه نیتروژن نسبت داد (Shafagh-Kolvanagh et al., 2009). بر اساس گزارش سانتوس و همکاران (Santos et al., 2004) رقابت سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) موجب کاهش کلروفیل برگ چغندرقند شد.



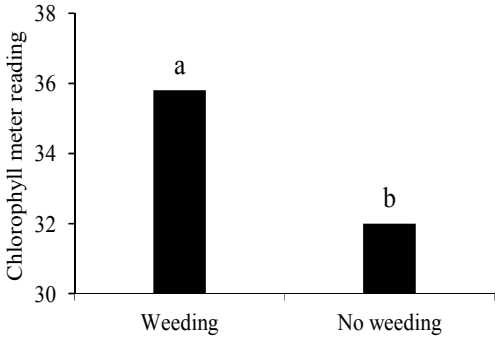
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر کنترل علف‌هرز در رقم بر عملکرد دانه عدس

Fig. 2- Mean comparison for the effect of weed control×cultivar interaction on seed yield of lentil



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کنترل علف‌هرز در رقم بر عملکرد بیولوژیک عدس

Fig. 3- Mean comparison of the effect of weed control×cultivar interaction on biological yield of lentil



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر وجین و عدم وجین علف‌هرز بر قرائت کلروفیل‌متر عدس

Fig. 4- Mean comparison for the effect of weeding and no weeding on chlorophyll meter reading of lentil

علف‌های هرز

در این آزمایش علف‌های هرز سلمه‌تره، ماشک گل خوشه‌ای، شقایق وحشی (*Papaver dubium* L.) و چسبک (*Setaria vicia* L.) علف‌های هرز غالب را تشکیل دادند و بیشترین وزن خشک علف‌های هرز را به خود اختصاص دادند. نتایج تجزیه واریانس اثر رقم بر تراکم و بیوماس علف‌های هرز در حالت عدم کنترل علف‌هرز نشان داد که این ویژگی‌ها در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر ارقام عدس قرار گرفتند (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که بیشترین تراکم علف‌هرز (۲۳/۳۳ بوته در مترمربع) به رقم کارالینتا تعلق گرفت، کمترین تراکم علف‌های هرز (۱۵ بوته در مترمربع) نیز به رقم بومی اختصاص داشت (جدول ۵). رقم بومی در شرایط تداخل علف‌های هرز بالاترین عملکرد دانه را داشت. ارقام مختلف با توجه به خصوصیات رشدی، رقابتی و مورفولوژیکی، عکس-العمل متفاوتی در رقابت با علف‌های هرز دارند. شدت کاهش عملکرد با توجه به خصوصیات رقابتی و مورفولوژیکی در هر رقم متفاوت خواهد بود. احتمالاً ارتفاع بوته، سرعت تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ بیشتر در رقم بومی سبب برتری قدرت رقابتی این رقم در مقابل علف‌های هرز شده است. کروتسر و وایت (Crotser & Wit, 2000) نیز در گیاه سویا به نتایج مشابهی دست یافتند. با توجه به این‌که تجمع بیوماس بیانگر بهره‌برداری بهتر یک گونه از منابع رشدی می‌باشد، لذا می‌توان نتیجه گرفت که علف-های هرز در رقابت با ارقام ضعیف با استفاده بیشتر و بهتر از این منابع بیوماس بیشتری را تولید کرده و با تسخیر بیشتر آشیانه‌های اکولوژیک، باعث کاهش تجمع بیوماس در ارقام ضعیف شده است. به طوری‌که، در این آزمایش بیشترین بیوماس علف‌های هرز (۱۱۶ گرم در مترمربع) از رقم کارالینتا مشاهده شد و کمترین میزان این ویژگی (۸۱ گرم در مترمربع) از رقم بومی به دست آمد. متفاوت بودن توان رقابتی ارقام سویا (Crotser & Wit, 2000) و گندم (Farbodnia et al., 2009) در تداخل با علف‌های هرز نیز گزارش شده است.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم بر تراکم و بیوماس علف‌های هرز

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of cultivar on weed density and biomass

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تراکم علف‌هرز Weed density	بیوماس علف‌هرز Weed biomass
تکرار Replication	2	0.06^{ns}	0.20^{ns}
رقم Cultivar	4	33.26^{**}	760.50^{**}
خطا Error	8	3.56	66.60
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		10.22	8.05

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

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

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر رقم بر تراکم و بیوماس علف‌های هرز در شرایط عدم وجین

Table 5- Means comparison of the effect of cultivar on weed density and biomass as affected by non-weeding

تیمار Treatment		تراکم علف‌هرز (بوته در مترمربع) Weed density (plant.m^{-2})	بیوماس علف‌هرز (گرم در مترمربع) Weed biomass (g.m^{-2})
عدم وجین No weeding	بیله‌سوار Bilehsavar	20.00^{ab*}	113.00^{a}
	کارالینتا Karalinta	23.33^{a}	116.00^{a}
	کیمیا Kimia	18.00^{b}	108.00^{a}
	سیمره Seymareh	16.00^{c}	87.00^{c}
	بومی Local	15.00^{c}	81.00^{c}

* میانگین‌های هر ستون و برای هر جز که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

* Means in each column and component, followed by similar letter have not significant different based on LSD test at 5% probability level.

شاخص رقابت و تحمل

از آن‌جا که تاکنون در برنامه‌های بـه نـژادی، انتخـاب در جهـت تحمل به علف‌هرز صورت نگرفته و اغلب انتخاب‌ها در شرایط عـاری از علف‌هرز بوده است، لذا تنها عملکرد گیاه در شرایط کشت خالص و یا حتی کشت مخلوط علف‌هرز و محصول نمی‌تواند شـاخص تعیـین-کننده رقابت باشد. در این موارد زیسـت تـوده علـف‌هـرز تولیـدی در حضور آن رقم نیز فاکتور مهمی می‌باشد. امروزه جهت تلفیـق عوامـل با یکدیگر از شاخص رقابت و توانایی تحمـل نیـز اسـتفاده مـی‌شـود. میانگین داده‌ها بیانگر این مطلب است که بـالاترین شـاخص رقابـت (۲/۰۲) متعلق به رقم بومی و پایین‌ترین میزان ایـن شـاخص (۰/۴۹) متعلق به رقم کارالینتـا بـود. همچنـین، بیشـترین و کمتـرین میـزان توانایی تحمل (به ترتیب با ۵۱/۸۲ و ۲۳/۵۳) نیز به ترتیب از دو رقـم بومی و کارالینتا حاصل شد (جدول ۶). تولید شاخ و برگ کـم در رقـم کارالینتا قدرت رقابتی این رقم را در مقابل علف‌های هرز کـاهش داد. بالا بودن شاخص تحمل رقم بومی نسبت به سایر ارقام به دلیل پایین بودن بیوماس تولیدی علف‌های هرز در حضـور ایـن رقـم مـی‌باشـد. محققین دیگر نیز در مطالعات خود توان رقابتی ژنوتیپ‌هـای مختلـف کلزا را در مقابل علف‌های هرز مطالعه و گزارش کردند که ویژگی‌های مرفولوژیکی از قبیل ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و سطح بـرگ در افزایش توان رقابتی گیاهان زراعی در مقابل علـف‌هـای هـرز، بسـیار مهم هستند (Baghestani et al., 2005).

جدول ٦- شاخص‌های رقابت و توانایی تحمل ارقام عدس در تیمار آلوده به علف‌هرز

Table 6- Competition index and ability of tolerance for lentil varieties in weed infested treatment

تیمار Treatment		شاخص رقابت Competitive index	شاخص توانایی تحمل Ability withstand competition
عدم وجین No weeding	بیله‌سوار Bilehsavar	0.71	28.57
	کارالینتا Karalinta	0.49	23.53
	کیمیا Kimia	1.09	39.05
	سیمره Seymareh	0.99	42.86
	بومی Local	2.02	51.82

* میانگین‌های هر ستون و برای هر جز که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

* Means in each column and component, followed by similar letter have not significant different based on LSD test at 5% probability level.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که عملکرد ارقام مختلف عدس در حضور علف‌های هرز کاهش یافت. اما کاهش عملکرد در ارقام مختلف روند یکسانی نداشت. به طوری‌که، رقم بومی و کارالینتا به ترتیب به عنوان رقم قوی و ضعیف در برابر علف‌های هرز شناسایی شدند. با توجه به نتایج به دست آمده از این آزمایش می‌توان گفت که با ارزیابی عملکرد و شاخص رقابت ارقام مختلف عدس در شرایط حضور علف‌های هرز می‌توان ارقامی را شناسایی و انتخاب کرد که از توان رقابتی خوبی با علف‌های هرز برخوردار بوده و بتوانند بدون نیاز و یا نیاز کمتر به مصرف علف‌کش‌ها در مدیریت تلفیقی علف‌های هرز عملکرد قابل قبولی تولید نمایند.

منابع

1- Aghaalikhani, M., Yadavi, A., and Modares Sanavi, S.M.A. 2006. Determination of critical period of weed control in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lordegan. Journal of Agricultural Science 28: 118-124. (In Persian with English Summary)
2- Ahmad Khan, L., Gul, H., and Azim Khan, M. 2003. Effect of post-emergence herbicide for controlling weeds in canola. Asian Journal Plant Science 3: 294-296.
3- Auškalnienė, O., Pšibišauskienė, G., and Auškalnis, A. 2010. Cultivar and density influence on weediness in spring barley crops. Zemdirbyeste-Agriculture 97(2): 53-60.
4- Awal, M.A., and Ashotus, R. 2015. Effect of weeding on the growth and yield of three varieties of lentil (*Lens culinaris* L.). American Journal of Food Science and Nutrition Research 2(2): 26-31.
5- Baghestani, M.A., Lemieux, C., and Leroux, G. 2005a. Early root and shoot competition between spring cereal cultivars and wild mustard (*Brassica kaber*). Iranian Journal of Weed Science 1(1): 19- 40.
6- Baghestani, M.A., and Zand, E. 2004. Investigated morphophysiological characteristics of affecting the competitive power of wheat with weed pterygium (*Goldbachia iaevigata* L.) and wild oat (*Avena fatua* L.) In Karaj Region. Journal of Plant Pests and Diseases 72(1): 91-111. (In Persian with English Summary)
7- Crotser, P.M., and Wit, W.W. 2000. Effect of *Glycine max* L. canopy characteristics interference and weed free period on *Solanum ptycuntum* L. growth. Weed Science 48: 20-26.
8- Deihimfard, R., Hejazi, A., Zand, E., Baghestani, M.A., Akbari, G.A., and Soufizadeh, S. 2007. Evaluation of some characteristics affecting competitiveness of eight Iranian wheat cultivars with rocket weed. Weed Science 1: 59-78.
9- Fakhari, R., Didehbaz, G., Nobahar, A., and Bahrampour, T. 2013. Optimal conditions cover crops for weed suppression: A review. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(5): 1092-1097.
10- Farbodnia, A., Baghastani, M.A., Zand, E., and Noor Mohammadi, G.H. 2009. Evaluation of competitive ability of wheat cultivars against weeds Daphnia. Journal of Plant Protection 2(23): 47-81. (In Persian with English Summary)
11- Ghamari, H., and Ahmadvand, G. 2012. Effects of different period of interference and weed control on height, yield and yield components of bean. Journal of Crop Production and Processing 9: 70-79. (In Persian with English Summary)
12- Hamzei, J., Mohammady Nasab, A.D., Khoie, F.R., Javanshir, A., and Moghaddam, M. 2007. Critical period of weed control in three winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) cultivars. Turkish Journal of Agricultural and Forestry 31: 83-90.
13- Hamzei, J., Seyedi, M., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. Effect of additive intercropping on suppressed weeds, yield and yield components of chickpea and barley. Journal of Crop Production and Processing 3: 43-55. (In Persian with English Summary)
14- Hussain, A., Nadeem, A., Ashraf, I., and Awan, M. 2009. Effect of weed competition periods on the growth and yield of black seed (*Nigella sativa* L.). Pakistan Journal of Weed Science Research 15(1): 71-81.
15- Kavurmaci, Z., Karadavut, U., Kokten, K., and Bakoglu, A. 2010. Determining critical period of weed-crop competition in faba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Agriculture and Biology 12: 318-320.

16- Lance, R.G., and Liebman, M. 2003. A laboratory exercise for teaching critical period for weed control concepts. Weed Technology 17: 403-411.
17- Malek Maleki, F., Majnonhoseini, N., and Alizade, H. 2013. A survey on the effects of weed control treatments and plant density on lentil growth and yield. Electronic Journal of Crop Production 6(2): 135-148. (In Persian with English Summary)
18- Mazaheri, D., Movahedi Dehnavi, M., Seyed Hadi, M.R., and Darzi, M.T. 2006. Plant Ecology. Publications by Tehran University, Iran.
19- Mirshekari, B., Javanshir, A., and Firozi, H. 2008. Response of morphological characteristics, yield and harvest index at three varieties of oilseed rape to weeds control. New Findings in Agriculture 4: 400-411. (In Persian with English Summary)
20- Mohammad Dost Chamanabad, H.R., and Asghari, A. 2009. The effect of crop rotation, mineral fertilizer application and herbicide on weed control in winter rye. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 13(47): 601-610 (In Persian with English Summary)
21- Mohammadi, G., Javanshir, A., Khooie, F.R., Mohammadi, S.A., and Zehtab Salmasi, S. 2005. Critical period of weed interference in chickpea. Weed Research 45: 57-63. (In Persian with English Summary)
22- Mousavi, S.K., and Ahmadi, A. 2007. Effect of sowing data and weed interference on the yield of dry land of three lentil cultivars in Khoramabad. Agricultural Research 8 (1): 13-26.
23- Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Publications by Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
24- Pour-Taheri, S.N., Rahimi, M.M., Vaezi, B., and Ahmadikhah, A. 2012. Effect of seed density and weed control on yield and yield components of two lentil dry land-specific cultivars in subtropical conditions. Electronic Journal of Crop Production 4(5): 135-149. (In Persian with English Summary)
25- Rahimzadeh, F., Norouzinia, F., Taghizadeh, R., and Tobeh, A. 2013. Effect of competition of weeds on yield of lentil (*Lens culinaris* L.). International Journal of Agronomy and Plant Production 4(8): 1737-1741.
26- Rohrig, M., and Stutzel, H. 2001. Canopy development of *Chenopodium album* in pure and mixed stands. Weed Research 41: 111-228.
27- Sadeghi, H. 2001. Identifying traits affecting the competitiveness of soybean (*Glycine max* L.) with weed for use in breeding programs. MSc Thesis, Higher Education Complex Aboureyhan. University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
28- Santos, B.M., Dusky, J.A., Stall, W.M., and Gilreath, J.P. 2004. Influence of common lambsquarter (*Chenopodium album* L.) densities and phosphorus fertilization on sugar beet. Crop Protection 23: 173-176.
29- Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab Salmasi, S., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Dabbagh Mohammadinasab, A. 2009. Influence of nitrogen and weed interference on grain yield, yield components and leaf chlorophyll value of Soybean. Journal of Sustainable Agriculture 1: 1-23. (In Persian with English Summary)
30- Walley, F.L., Clayton, G.W., Miller, P.R., Carr, P.M., and Lafond, G. 2007. Nitrogen economy of pulse crop production in the northern Great Plains. Agronomy Journal 99: 1710-1718.
31- Watson, P.R., Derksen, D.A., Van Acker, R.C., and Blrvine, M.C. 2002. The contribution of seed, seedling, and mature plant traits to barley cultivar competitiveness against weeds. Proceedings of the 2002 National Meeting-Canadian Weed Science Society p. 49-57.
32- Williams, M., and Lindquist, J.L. 2007. Influence of planting date and weed interference on sweet corn growth and development. Agronomy Journal 99: 1066-1072.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 82-94

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۹۴-۸۲

Competitive Ability of Lentil (*Lens culinaris* L.) Cultivars to Weed Interference under Rain-fed Conditions

J. Hamzei[*1], M. Seyedi[2] and M. Babaei[3]
Submitted: 28-04-2014
Accepted: 12-05-2015

Hamzei, J., Seyedi, M., and Babaei, M. 2016. Competitive ability of lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars to weed interference under rainfed conditions. Journal of Agroecology 8(1): 82-94.

Introduction

The lentil or masoor (*Lens culinaris* L.) is a brushy annual plant of the legume family, grown for its lens-shaped seeds. Lentil has been one of the first crops domesticated in the Near East. With 26% protein, lentil is the vegetable with the highest level of protein other than soybeans, and it is an important part of people's diet in many parts of the world. It is reported that the average yield of lentil is considerably low compared to its potential yield of 1500-2000 kg ha^{-1}, obtained in the research field. Such lower yield may be attributed to the poor management of the crop among which poor weed management is an important one. Lentil crop is not very competitive against weeds due to small and weak canopy. Weed reduces yield through competition with crop plants for space, moisture, light and plant nutrients. Generally 20 to 30% losses of grain yield are quite usual and may increase even 50%, if the crop management practices are not properly followed (Deihimfard et al., 2007). The modern lentil varieties give good yield if the land remains weed free for the first one month. However, most of the farmers are reluctant to control weeds in lentil field timely and finally, loses yield. Inadequate weed control was found to reduce the yield 40-66% in lentil (Erman et al., 2008; McDonald et al., 2007). A major component of integrated weed management is the use of more competitive crops, although the selection of better crop competitiveness is a difficult task. The use of competitive plants for weed control could be considered cost-effective and less labour-intensive, and thus reduces the amount of herbicides required. Therefore, the aim of this research was to evaluate lentil competitive ability and to compare the effects of cultivar selection.

Materials and methods

An experiment was carried out as a factorial based on a randomized complete block design (RCBD) with 10 treatments and three replications. Experimental treatments included hand weeding and weedy check and five lentil cultivars (Bilehsavar, Karalinta, Kimia, Seymareh and local). This experiment was studied at the Research Farm of Bu-Ali Sina University during the growing season of 2012-2013. Plots were not irrigated because lentil was grown under dry land conditions. Weeds were counted at their greatest intensity, and their identification was much easier. Three square meter samples were randomly collected from each sub-plot for evaluation the weed biomass. At harvest, two outer rows for each plot and 50 cm from each end of the plots were left as borders and the central rows were harvested. Yield and yield components of lentil were classified as biological yield, grain yield, 1000- seed weight, number of pods $plant^{-1}$, number of seeds per pod and plant height.

Results and discussion

The results showed that the effects of weed control and cultivar was significant on all traits but plant height and chlorophyll meter reading was not affected by cultivar. Also, the effects of treatment interaction were significant on grain and biological yield. The highest grain and biological yield (110 and 338 $g.m^{-2}$, respectively) was observed at local cultivar on hand weeding treatment. The lowest mean for these traits with a reduction of 82 and 70%, respectively, belonged to Karalinta cultivar on weedy control treatment. Weed interference decreased yield and yield component of all lentil cultivars significantly. Maximum and minimum weed dry matter and weed density belonged to Karalinta and local cultivars, respectively. The highest values for

1, 2 and 3- Assistant Professor, PhD Student of Crop Ecology and MSc Student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)

competition and ability of tolerance indices (2.02 and 52.82, respectively) belonged to Local cultivar and the lowest values of these indices (0.49 and 23.53, respectively) were achieved at Karalinta cultivar.

Conclusion

It can be concluded that local and Karalinta cultivars were the resistant and sensitive cultivars to weed presence, respectively.

Keywords: Biomass, Dryland farming, Integrated weed management, Sustainable agriculture

References

Deihimfard, R., Hejazi, A., Zand, E., Baghestani, M.A., Akbari, G.A., and Soufizadeh, S. 2007. Evaluation of some characteristics affecting competitiveness of eight Iranian wheat cultivars with rocket weed. Weed Science 1: 59-78.

Erman, M., Tepe, I., Bükün, B., Yergin, R., and Taşkesen, M. 2008. Critical period of weed control in winter lentil under non-irrigated conditions in Turkey. African Journal of Agricultural Research 3: 523-530.

McDonald, G.K., Hollaway, K., and McMurray, L. 2007. Weed competition in lentil (*Lens culinaris* L.). Australian Journal of Experimental Agriculture 47: 48-56.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۰۶-۹۵

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 95-106

اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان در دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) با تراکم‌های کاشت مختلف

شیوا اکبری[1*]، محمد کافی[2] و شهرام رضوان‌بیدختی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۱۶

اکبری، ش.، کافی، م.، و رضوان‌بیدختی، ش. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان در دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) با تراکم‌های کاشت مختلف. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۱۰۶-۹۵.

چکیده

تنش خشکی یکی از معمول‌ترین و مضرترین تنش‌های غیر زیستی است که می‌تواند به صورت جدی موجب کاهش تولید محصول گردد. به منظور بررسی اثر تنش خشکی و تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد و محتوی آنتی‌اکسیدان دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.)، آزمایشی به صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح آزمایشی بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی سمنان در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. اثر سه سطح تنش خشکی (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی)، به عنوان فاکتور اصلی و ترکیب سطوح فاکتوریل شامل سه تراکم کاشت (۳۰، ۴۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و دو اکوتیپ سیر (طبس و طرود)، به عنوان فاکتور فرعی، بر محتوای آنتی‌اکسیدان، عملکرد سوخ، درصد ماده خشک و اجزای عملکرد اعم از وزن تر و وزن خشک سوخ، قطر سوخ، طول سوخ، وزن تر و وزن خشک سیرچه، قطر سیرچه، طول سیرچه و تعداد سیرچه در سوخ مطالعه گردید. نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی موجب کاهش معنی‌داری بر عملکرد سوخ، درصد ماده خشک و اجزای عملکرد شد. همچنین با افزایش تنش خشکی آنتی‌اکسیدان افزایش یافت. وزن تر (۱/۸۵۵ گرم) و خشک (۰/۶۳۵ گرم) و طول (۲/۱۱۸ سانتی‌متر) سیرچه در اکوتیپ طرود نسبت به وزن تر (۱/۵۱۲ گرم) و خشک (۰/۵۵۷ گرم) و طول (۱/۸۶۲ سانتی‌متر) سیرچه در اکوتیپ طبس بیشتر بود، اما تعداد سیرچه‌ها در سوخ در اکوتیپ طبس (۹/۹۹۳ عدد) بیشتر از این تعداد در اکوتیپ طرود (۹/۱۰۴ عدد) بود. عملکرد سوخ در تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع (۹۶۶۰/۴۴ کیلوگرم در هکتار) به طور معنی‌داری بیشتر از دو تراکم کاشت دیگر بود. عملکرد سوخ به طور معنی‌داری دارای همبستگی مثبتی با تمام اجزای عملکرد بود. از نتایج چنین بر می‌آید که اعمال تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سیر نسبت به شاهد گردید که این کاهش با تشدید سطح تنش افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، سوخ، سیرچه، وزن خشک

مقدمه

گیاهان تحت شرایط طبیعی و زراعی به طور پیوسته در معرض تنش‌های گوناگون قرار دارند و در این میان کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد محصولات زراعی در اکثر نقاط جهان و ایران می‌باشد (Koocheki et al., 2009). تلفات محصول ناشی از تنش‌های غیر زنده مانند خشکی و شوری می‌تواند باعث کاهش عملکرد محصول تا ۵۰ درصد گردد (Sapeta et al., 2012). تنش آبی، با اثرگذاری بر فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مختلف مانند فتوسنتز، انتقال، جذب یون، کربوهیدرات، سوخت و ساز مواد مغذی و محرک‌های رشد، موجب کاهش رشد گیاه می‌گردد (Jaleel et al., 2008). بیشترین عملکرد قابل برداشت گیاه، نتیجه رشد نهایی محصول می‌باشد. گیاهان، تحت تنش خشکی در مقایسه با شرایط بدون تنش، از لحاظ عملکرد نهایی قابل برداشت دارای تفاوت زیادی با یکدیگر هستند (Bideshki & Arvin, 2010).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان، استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، دامغان
(*- نویسنده مسئول: Email: shivaa.akbari@yahoo.com)

تولید گونه‌های فعال اکسیژن[1] در گیاهان در هر دو تنش زنده و غیر زنده تا حد زیادی در سخت‌سازی غشاء، از بین بردن لیپیدهای غشائی، دناتوره شدن پروتئین‌ها و جهش DNA دخیل دانسته شده است. به منظور جلوگیری از اکسیداسیون به دلیل تولید گونه‌های فعال اکسیژن، گیاهان مکانیسم‌های پیچیده‌ای برای مهار آن‌ها به وجود آورده‌اند (Ali et al., 2005). آنتی‌اکسیدان‌ها نقش مهمی در مهار گونه‌های فعال اکسیژن ایفاء می‌کنند (Liu et al., 2013). بافت‌های گیاهی دارای آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشند. آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی شبکه‌ای از آنتی‌اکسیدان‌ها با وزن مولکولی کم (آسکوربات، گلوتاتیون، ترکیبات فنولی، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و غیره) هستند که سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی گیاه را تشکیل می‌دهند (Kuk et al., 2003).

تراکم بوته یکی از عواملی است که تأثیر به سزایی بر رشد گیاه دارد، به طوری‌که در تراکم مطلوب، عوامل محیطی مانند آب، هوا، نور و خاک به نحو مناسب‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرند و در عین حال رقابت‌های بین بوته‌ای به کمترین میزان می‌رسد (Khajehpour, 2009).

سیر (*Allium sativum* L.) از زمان‌های بسیار قدیم مورد کشت و زراعت قرار می‌گرفته و به عنوان چاشنی و طعم‌دهنده مورد استفاده بوده است (Pedraza-Chaverri et al., 2006). سیر به صورت محصول یک‌ساله سوخ‌دار است و از نظر اهمیت در کشت پس از پیاز در مقام دوم قرار دارد (Adekpe et al., 2007). سیر باعث کاهش کلی کلسترول پلاسما شده، فشار خون را کاهش می‌دهد و از میزان تجمع پلاکت‌ها می‌کاهد همچنین از آن به عنوان داروی ضدمیکروبی و عامل چربی سوز و اخیراً به عنوان یک عامل سم‌زدا و آنتی‌اکسیدان و عامل تعدیل‌کننده سیستم ایمنی استفاده می‌شود (Rees et al., 1993; Sterling & Eagling, 2001). این احتمال وجود دارد که سیر در طول دوره رشد، با تنش‌های محیطی متفاوتی مواجه گردد که این امر می‌تواند شدیداً بر رشد و عملکرد گیاه اثر گذارد. گزارش شده است که سیر نسبت به شرایط کمبود آب حساس می‌باشد (Hanson et al., 2003). حصول عملکرد مطلوب سیر به مدیریت آبیاری و شرایط کاشت مناسب گیاه بستگی دارد. در مراحل نهایی و میانی رشد، سیر به تنش‌های آبی حساس بوده و کاهش آبیاری در این دوره‌ها نامناسب می‌باشد (Fabeiro Cortes et al., 2003).

شریف روحانی و همکاران (Sharif Rohani et al., 2014) با بررسی تأثیر رژیم آبیاری و عمق کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی و صنعتی موسیر (*Allium altissimum* Regel.) در شرایط آب و هوایی مشهد بیان داشتند که افزایش فواصل آبیاری باعث کاهش وزن خشک پیاز، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و ارتفاع ساقه گل‌دهنده شد.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد و مقدار آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی دو اکوتیپ سیر و همچنین مطالعه اثر تراکم بر صفات مذکور و تعیین تراکم کاشت مطلوب بوده است. همچنین با بررسی مقدار آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی اکوتیپ‌های سیر تحت تنش خشکی، می‌توان مقاومت اکوتیپ‌ها را در برابر شرایط تنش مقایسه نمود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در شهرستان سمنان، با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۳ دقیقه و ارتفاع ۱۱۲۷ متری از سطح دریا اجرا شد. جهت آماده‌سازی زمین، ابتدا زمین را شخم زده و برای خرد کردن کلوخ‌ها و تسطیح از دیسک استفاده شد و سپس توسط شیارساز پشته‌هایی با فواصل ۳۵ سانتی‌متر ایجاد شد. کشت در ۲۸ آبان ماه ۱۳۹۰ به صورت دستی و بر اساس تراکم‌های مورد نظر انجام گردید. هر کرت فرعی دارای مساحتی برابر با نه (۳×۳) مترمربع و هشت ردیف کاشت با فواصل بین ردیف ۳۵ سانتی‌متر و هر تکرار شامل سه کرت اصلی و هر کرت اصلی در بر گیرنده شش کرت فرعی بود. آزمایش به صورت اسپلیت- فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش سه سطح تنش خشکی بر اساس ۶۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی (ETc) سیر در شرایط اقلیمی سمنان و به همراه شاهد (۱۰۰ درصد نیاز آبی)، به عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل از تراکم در سه سطح (۴۰-۳۰ و ۵۰ بوته در مترمربع) و رقم در دو سطح طرود و طبس به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. برای محاسبه نیاز آبی سیر، از پارامترهای هواشناسی روزانه ثبت شده در ایستگاه سینوپتیک سمنان استفاده و نیاز آبی بر پایه دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان فائو- ۵۶ تعیین شد. نیاز آبی گیاه از طریق محاسبه تبخیر و تعرق گیاه تحت شرایط استاندارد (ET_C) مطابق با فرمول ذیل محاسبه شد که در آن، K_C

1- Reactive oxygen species (ROS)

ضریب گیاهی تجربی و ET_0 تبخیر و تعرق مرجع می‌باشد (Allen et al., 1998).

$$ET_c = K_c * ET_0 \quad (۱)$$

حجم‌های آبیاری لازم برای سطوح مختلف تأمین نیاز آبی توسط اندازه‌گیری دقیق به وسیله کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ مترمکعب اعمال شد. علائم رسیدگی سیر، تغییر رنگ خارجی‌ترین (پایین‌ترین) برگ‌های سیر به قهوه‌ای است (Al-Zahim et al., 1999). در استاندارد بین‌المللی (ISO)[1] شماره ۶۶۶۳، زمانی که نوک برگ‌ها شروع به زرد شدن کند زمان مناسب برداشت سیر تعیین شده است (Anon, 1983). بدین جهت سه هفته پس از آخرین مرتبه آبیاری، در ۲۹ خرداد، برداشت سوخ‌ها به صورت یک مترمربع در هر کرت به طور مجزا انجام گرفت و عملکرد و درصد ماده خشک سیر در واحد سطح مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. جهت انتخاب نمونه برای اندازه‌گیری عملکرد و درصد ماده خشک، نیم متر از ابتدا و انتها و دو ردیف کناری کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و سپس یک مترمربع دست نخورده در کرت که برای اولین بار مورد نمونه‌گیری قرار می‌گرفت، انتخاب و مشخص شده و کلیه سوخ‌های موجود در آن واحد سطح برداشت شد. همچنین در این تاریخ نمونه‌برداری لازم جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد اعم از قطر سیرچه، قطر سوخ، طول سیرچه، طول سوخ، وزن تر سیرچه، وزن تر سوخ، وزن خشک سیرچه، وزن خشک سوخ، تعداد سیرچه در سوخ انجام شد. درصد ماده خشک نیز با استفاده از وزن تازه و خشک سوخ‌ها در انتهای فصل رشد، در تاریخ مذکور تعیین شد.

جهت انتخاب نمونه برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، به مقدار نیم متر از ابتدا و انتها و دو ردیف کناری کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و سپس از هر کرت به طور تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و مقادیر مربوطه اندازه‌گیری شد. برای محاسبه و اندازه‌گیری درصد ماده خشک در واحد سطح و وزن خشک سوخ و وزن خشک سیرچه، نمونه‌های هر تیمار به تفکیک در داخل آون با درجه حرارت ۸۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و وزن شدند.

همزمان با به حداکثر رسیدن سطح برگ در اواخر اردیبهشت ماه، نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی انجام شد. برای اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی از روش DPPH[2] استفاده شد و در آن از ۲ و ۲- دی فنیل- ۱- پیکریل هیدرازیل (DPPH) استفاده گردید و جذب محلول‌های حاصله و شاهد، در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر تعیین گردید (Zhu et al., 2002; Molyneux, 2004).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS Ver. 9.1 و Mstat-C آنالیز شدند. برای مقایسات میانگین از روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD)[3] در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و درصد ماده خشک

نتایج نشان داد که تنش خشکی ($p\leq۰/۰۱$) بر عملکرد سوخ و درصد ماده خشک اثرگذار بود (جدول ۱) و با اعمال و تشدید تنش خشکی، عملکرد سوخ‌ها و درصد ماده خشک به طور معنی‌داری کاهش یافتند. تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی با ۹۶۰۸/۱ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین میزان عملکرد سیر در واحد سطح بود و پس از آن تیمار ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی به ترتیب با ۷۸۱۷/۳ و ۵۹۵۷/۶ کیلوگرم در هکتار روندی نزولی در عملکرد را با افزایش خشکی نشان دادند (جدول ۲).

کارایه و یاکوبو (Karaye & Yakubu, 2007)، گزارش کردند که سیر برای استقرار خوب، رشد، توسعه و عملکرد نهایی و کیفیت بالای سوخ نیاز به رطوبت کافی دارد و میزان عملکرد نهایی سوخ نشان داد که تحت تأثیر میزان آبیاری می‌باشد و تیمار بدون کمبود آبیاری دارای بالاترین محصول در طول مرحله رسیدگی بوده است.

مطابق با یافته‌های این تحقیق، که با اعمال و تشدید تنش خشکی، عملکرد محصول کاهش یافت، گزارشات و تحقیقات دیگری نیز مؤید این نتایج می‌باشند و همان‌طور که گزارش شده است، تنش خشکی میزان عملکرد سوخ را ۲۸ درصد کاهش داد (Bideshki & Arvin, 2010). احمد (Ahmed, 2006) نیز گزارش کرد که سیر توانایی تحمل تنش‌های کم‌آبی یا خشکی را نداشته و این تنش‌ها می‌توانند عملکرد سوخ را تا ۶۰ درصد کاهش دهند. همان‌طور که پلتر و همکاران (Pelter et al., 2004) نیز گزارش کرده‌اند، تنش آبی خاک در هر کدام از مراحل رشد موجب کاهش عملکرد پیاز (*Allium cepa* L.) زرد شد. دورانتی و باربیری (Duranti & Barbieri,

1- Least significant difference
2- dipheny-l- picrylhydrazyl
3- International Organization for Standardization

1986) گزارش کردند که عملکرد سوخ و ماندگاری آن‌ها با افزایش حجم آبیاری، افزایش می‌یابد. کاهش درصد ماده خشک در اثر تنش خشکی توسط فروزنده و همکاران (Forouzandeh et al., 2011) نیز گزارش شده است.

اثر تراکم کاشت نیز به طور معنی‌داری ($p\leq۰/۰۰۱$) بر عملکرد سیر اثرگذار بود (جدول ۱). بدین صورت که عملکرد سوخ در واحد سطح در تراکم کاشت ۵۰ بوته در مترمربع (بالاترین تراکم کاشت) به طور معنی‌داری بیشتر از دو تراکم کاشت دیگر بود (جدول ۴). تراکم کاشت اثر معنی‌داری بر درصد ماده خشک نداشت (جدول ۱). افزایش عملکرد سیر همراه با افزایش تراکم کاشت توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Sabbaghzadeh & Kashi, 2005). نتایج مشابهی نیز توسط قدیمی فیروزآبادی و همکاران (Ghadamifiruz Abadi et al., 2010) گزارش شده است که افزایش تراکم کاشت باعث افزایش عملکرد سیر تا ۲۳ درصد گردید. همچنین گزارش شده است که هر افزایشی در فواصل بین ردیفی به طور معنی‌داری عملکرد سوخ را کاهش داد (Adekpe et al., 2007). چندین محقق گزارش کردند که عملکرد بیشتری از گیاهان سیر کاشته شده با فواصل کمتر (تراکم بیشتر کاشت) به دست آمده است (Maksoud et al., 1983; Rahman & Talukdar, 1987; Babaji, 1996). همچنین گزارش شده است که با افزایش فاصله بین ردیف و بین بوته (کاهش تراکم کاشت)، عملکرد به طور معنی‌داری کاهش یافت (Darabi & Dehghani, 2010).

بین دو اکوتیپ نیز از لحاظ میزان عملکرد سوخ و درصد ماده خشک تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). کلیه اثرات متقابل فاکتورها بر عملکرد سوخ، معنی‌دار نشد. اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ ($p\leq۰/۰۵$) بر درصد ماده خشک اثرگذار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین آن به ترتیب متعلق به اکوتیپ طبس با سطح آبیاری ۱۰۰٪ نیاز آبی و اکوتیپ طبس در تنش ۶۰٪ نیاز آبی بود (جدول ۶).

اجزای عملکرد

درک بهتر از تغییر عملکرد و عکس‌العمل آن نسبت به تغییرات عوامل زراعی مستلزم شناخت اجزای عملکرد، میزان تأثیرپذیری هر یک از آن‌ها از عوامل محیطی و زراعی و روابط بین اجزای عملکرد می‌باشد.

جدول۱- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی بر دو اکوتیپ سیر در سه تراکم کاشت

Table 1- Combined analysis of variance (mean of squares) of the effects of drought stress on two garlic ecotypes with three plant densities

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد سوخ Bulb yield	درصد ماده خشک Dry matter percentage	وزن تر سوخ Bulb fresh weight	وزن خشک سوخ Bulb dry weight	قطر سوخ Bulb diameter	طول سوخ Bulb length	وزن تر سیرچه Clove fresh weight	وزن خشک سیرچه Clove dry weight	قطر سیرچه Clove diameter	طول سیرچه Clove length	تعداد سیرچه‌ها در سوخ Number of cloves in bulb	آنتی اکسیدان غیر آنزیمی Non-enzymatic antioxidant
تکرار Replication	2	16983179.3^{ns}	1.525^{ns}	43.283^{ns}	9.376^{ns}	0.365*	0.018^{ns}	0.567^{ns}	0.10545^{ns}	0.0657^{ns}	0.0344^{ns}	1.281^{ns}	0.0125**
تنش خشکی Drought stress	2	59975155.1**	57.478**	460.608**	64.542**	3.592***	2.876**	6.128**	0.79303**	0.4845**	1.0907***	12.910*	0.0038**
خطای اصلی Error a	4	3318865.1	1.023	10.336	2.723	0.047	0.143	0.117	0.02372	0.0140	0.0121	0.879	0.00008
اکوتیپ Ecotype	1	227760.2^{ns}	5.149^{ns}	7.716^{ns}	0.089^{ns}	0.067^{ns}	1.006^{ns}	1.591***	0.08402**	0.0011^{ns}	0.8847***	10.667***	0.0199*
تراکم Density	2	47463762.3***	1.018^{ns}	5.435^{ns}	0.350^{ns}	0.048^{ns}	0.038^{ns}	0.090^{ns}	0.00026^{ns}	0.0127^{ns}	0.0222^{ns}	0.992^{ns}	0.005^{ns}
اکوتیپ×تراکم کاشت Ecotype×density	2	2078316.3^{ns}	1.341^{ns}	3.643^{ns}	0.323^{ns}	0.036^{ns}	0.001^{ns}	0.122^{ns}	0.01257^{ns}	0.0143^{ns}	0.0098^{ns}	1.309^{ns}	0.00067^{ns}
تنش خشکی × تراکم کاشت Drought stress×density	4	5367977.3^{ns}	2.683^{ns}	2.931^{ns}	0.362^{ns}	0.019^{ns}	0.030^{ns}	0.011^{ns}	0.00583^{ns}	0.0011^{ns}	0.0027^{ns}	1.203^{ns}	0.0142*
تنش خشکی×اکوتیپ Drought stress×Ecotype	2	964745.6^{ns}	9.297*	1.591^{ns}	0.093^{ns}	0.006^{ns}	0.031^{ns}	0.186^{ns}	0.01807^{ns}	0.0078^{ns}	0.0199^{ns}	0.607^{ns}	0.0162*
تنش خشکی×اکوتیپ × تراکم کاشت Drought ×ecotype×density	4	224711.9^{ns}	3.737^{ns}	6.799^{ns}	0.287^{ns}	0.032^{ns}	0.039^{ns}	0.019^{ns}	0.00473^{ns}	0.0008^{ns}	0.0046^{ns}	0.681^{ns}	0.0156*
خطای فرعی Error bc	30	3867917.9	1.731	5.272	0.869	0.038	0.040	0.061	0.00833	0.0057	0.0127	0.462	0.004

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطوح پنج درصد، یک درصد و یک دهم درصد و ns = غیر معنی‌دار

*, ** and ***: Are significant at 5, 1 and 0.1 % probability, respectively. and ns = non-significant

اجزای عملکرد تحت تأثیر ژنوتیپ و محیط کشت قرار می‌گیرند و به عنوان توجیهی برای افزایش یا کاهش عملکرد به کار می‌روند. در یک گیاه پیازی مانند سیر، که هر کدام از پیازهای اصلی از چند سیرچه تشکیل شده است، ابتدا باید عوامل مؤثر بر عملکرد را شناسایی نمود و سپس نحوه تأثیر هر یک از این عوامل را اندازه‌گیری کرد (Noorbakhshian et al., 2008).

وزن تر و وزن خشک سوخ، قطر سوخ و طول سوخ

تنش خشکی به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن تر و وزن خشک سوخ و طول سوخ ($p\leq$۰/۰۰۱) بر قطر سوخ اثرگذار بود (جدول ۱) و با اعمال تنش خشکی این خصوصیات به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین وزن تر سوخ (۲۰/۴۲ گرم)، وزن خشک سوخ (۷/۵۱ گرم)، قطر سوخ (۳/۸۷ سانتی‌متر) و طول سوخ (۳/۱۱ سانتی‌متر) متعلق به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و کم‌ترین وزن تر سوخ (۱۰/۴۸ گرم)، وزن خشک سوخ (۳/۸۰ گرم)، قطر سوخ (۲/۹۸ سانتی‌متر) و طول سوخ (۲/۳۲ سانتی‌متر) متعلق به تیمار ۶۰ درصد نیاز آبی، بود (جدول ۲). اثر اکوتیپ و تراکم کاشت و کلیه اثرات متقابل فاکتورها بر این صفات غیر معنی‌دار بود (جدول ۱).

وزن تر و وزن خشک سیرچه، قطر سیرچه، طول سیرچه و تعداد سیرچه در سوخ

تنش خشکی به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن تر و وزن خشک سیرچه و قطر سیرچه ($p\leq$۰/۰۰۱) بر طول سیرچه و تعداد سیرچه در سوخ ($p\leq$۰/۰۵) اثرگذار بود (جدول ۱). اعمال تنش خشکی در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی به طور معنی‌داری باعث کاهش وزن تر و وزن خشک سیرچه، قطر و طول سیرچه نسبت به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی گردید که با تشدید تنش در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی کاهش بیشتری نیز مشاهده شد. تعداد سیرچه در سوخ نیز در تنش خشکی ۶۰ درصد نیاز آبی به طور معنی‌داری نسبت به ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت (جدول ۲).

اکوتیپ نیز به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۰۱)، بر وزن تر سیرچه، طول سیرچه و تعداد سیرچه در سوخ ($p\leq$۰/۰۱) بر وزن خشک سیرچه اثرگذار بود (جدول ۱). وزن تر و وزن خشک سیرچه و طول سیرچه، در اکوتیپ طرود به طور معنی‌داری نسبت به اکوتیپ طبس بالاتر بود.

جدول ۲- مقایسات میانگین اثر سه سطح تنش خشکی (با احتساب خطای استاندارد) بر عملکرد و درصد ماده خشک، اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی برگ

Table 2- Mean comparison of main effects for three drought stress levels (± standard error) on yield, dry matter percentage, yield components and non-enzymatic anti-oxidant

تنش خشکی (درصد نیاز آبی) Drought stress (ET꜀%)	عملکرد سوخ (کیلوگرم در هکتار) Bulb yield (kg.ha^{-1})	درصد ماده خشک Dry matter percentage (%)	وزن تر سوخ (گرم) Bulb fresh weight (g)	وزن خشک سوخ (گرم) Bulb dry weight (g)	قطر سوخ (سانتی‌متر) Bulb diameter (cm)	طول سوخ (سانتی‌متر) Bulb length (cm)	وزن تر سیرچه (گرم) Clove fresh weight (g)	وزن خشک سیرچه (گرم) Clove dry weight (g)	قطر سیرچه (سانتی‌متر) Clove diameter (cm)	طول سیرچه (سانتی‌متر) Clove length (cm)	تعداد سیرچه در سوخ Number of cloves in bulb	آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Non-enzymatic antioxidant (mg.g^{-1} Fw)
100	9608.14±674.3777^{a}	39.15±0.3117^{a}	20.419±0.7275^{a}	7.509±0.334^{a}	3.867±0.0573^{a}	3.106±0.0716^{a}	2.332±0.1040^{a}	0.831±0.0378^{a}	1.449±0.0194^{a}	2.262±0.0474^{a}	10.356±0.2257^{a}	0.644±0.0175^{a}
80	7817.32±597.2428^{b}	37.14±0.3644^{b}	13.808±0.6900^{b}	4.998±0.2438^{b}	3.366±0.0591^{b}	2.572±0.0445^{b}	1.518±0.0834^{b}	0.534±0.0287^{b}	1.237±0.0254^{b}	1.928±0.0423^{b}	9.622±0.2244^{a}	0.654±0.0199^{b}
60	5957.63±355.0631^{c}	35.58±0.3743^{c}	10.481±0.3895^{c}	3.799±0.1586^{b}	2.976±0.0380^{c}	2.323±0.0354^{b}	1.201±0.0412^{c}	0.425±0.0133^{b}	1.126±0.0201^{c}	1.781±0.0304^{c}	8.667±0.2058^{b}	0.673±0.0194^{a}

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level of probability based on LSD test.

مقادیر خطای استاندارد به صورت بازه‌ای برای میانگین‌ها محاسبه شده است.

Standard errors were estimated for mean values intervals.

جدول ۳- مقایسات میانگین اثر دو اکوتیپ (با احتساب خطای استاندارد) بر برخی از اجزای عملکرد و آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی

Table 3- Mean comparison of main effects for two ecotypes (± standard error) on some of yield components and Non-enzymatic anti-oxidant

اکوتیپ Ecotype	وزن تر سیرچه (گرم) Clove fresh weight (g)	وزن خشک سیرچه (گرم) Clove dry weight (g)	طول سیرچه (سانتی‌متر) Clove length (cm)	تعداد سیرچه در سوخ Number of cloves in bulb	آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی (میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) Non-enzymatic antioxidant ($mg.g^{-1}$ Fw)
طبس Tabas	1.512±0.0870[b*]	0.557±0.0342[b]	1.862±0.0386[b]	9.993±0.2341[a]	0.638±0.0146[b]
طرود Toroud	1.855±0.1269[a]	0.6359±0.0450[a]	2.118±0.0502[a]	9.104±0.1715[b]	0.676±0.0154[a]

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level of probability based on LSD test.

مقادیر خطای استاندارد به صورت بازه‌ای برای میانگین‌ها محاسبه شده است.

Standard errors were estimated for mean values intervals.

جدول ٤- مقایسات میانگین اثر سه تراکم کاشت (با احتساب خطای استاندارد) بر عملکرد سوخ

Table 4- Mean comparison (with standard error) of main effects for three plant densities (± standard error) on bulb yield

تراکم (بوته در متر مربع) Density (Plant. m^{-2})	عملکرد سوخ (کیلوگرم در هکتار) Bulb yield ($kg.ha^{-1}$)
30	7020.04±510.2201[b*]
40	6702.61±482.6657[b]
50	9660.44±725.2841[a]

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در ستون، طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level of probability based on LSD test.

مقادیر خطای استاندارد به صورت بازه‌ای برای میانگین‌ها محاسبه شده است.

Standard errors were estimated for mean values intervals.

اما در مقابل، تعداد سیرچه در سوخ در اکوتیپ طبس به طور معنی‌داری بیشتر از اکوتیپ طرود بود (جدول ۳). اثر تراکم کاشت و کلیه اثرات متقابل فاکتورها بر این صفات غیر معنی‌دار بود.

بیدشکی و آروین (Bideshki & Arvin, 2010)، نیز گزارش کرده‌اند که تنش خشکی قطر سوخ را ۲۵ درصد، طول سوخ را ۲۱ درصد، تعداد سیرچه‌ها در سوخ را شش درصد، طول سیرچه‌ها را ۱۰ درصد، قطر سیرچه‌ها را ۲۰ درصد و وزن سیرچه‌ها را ۲۴ درصد کاهش داد. ثابت شده که تنش خشکی یک عامل محدود کننده بسیار مهم در فازهای اولیه رشد و استقرار گیاه است که بر رشد طولی و توسعی تأثیر می‌گذارد (Shao et al., 2008; Bideshki & Arvin, 2010). یک عارضه جانبی شایع تنش آبی بر محصولات گیاهان، کاهش محصول زیست‌توده تازه و خشک است (Farooq et al., 2009).

همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد

بررسی ضرائب همبستگی ساده نشان داد که عملکرد سوخ در واحد سطح با قطر سیرچه، طول سیرچه، وزن سیرچه، قطر سوخ، طول سوخ، وزن سوخ، تعداد سیرچه در سوخ و درصد ماده خشک در واحد سطح همبستگی مثبت و معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۰۱) داشت (جدول ۷). بیشترین همبستگی به عملکرد سوخ در واحد سطح و وزن سوخ تعلق داشت (r=۰/۷۲)؛ به عبارت دیگر روند تغییرات وزن سوخ و عملکرد سوخ در واحد سطح بسیار با یکدیگر تشابه داشته و هر عاملی که باعث افزایش وزن سوخ شده است در افزایش عملکرد سوخ در واحد سطح نیز بیشترین تأثیر را داشته است. پس از آن نیز اثر قطر سوخ بر عملکرد سوخ در واحد سطح مشهود بوده است (r=۰/۷۱). در نتیجه می‌توان دریافت که صفاتی که با وزن سوخ و قطر سوخ همبستگی مثبت دارند نیز می‌توانند بر روند افزایش عملکرد سوخ در واحد سطح نیز اثر مثبت داشته باشند و هر عاملی که باعث کاهش وزن سوخ و یا قطر سوخ شود، می‌توانند مستقیماً باعث کاهش عملکرد سوخ در

واحد سطح گردند.

آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی برگ

تنش خشکی اثر معنی‌داری (p≤۰/۰۱) بـر مقـدار آنتـی‌اکسـیدان غیرآنزیمی برگ داشت (جدول ۱) و با اعمال و تشدید تنش خشـکی، مقدار آنتـی‌اکسـیدان غیـرآنزیمـی بـرگ افـزایش یافـت (جـدول ۲). آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی عمدتاً آسـکوربات، گلوتـاتیون، ترکیبـات فنولی، توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها و غیره هستند که قسمتی از سیستم دفاعی گیاه را تشکیل می‌دهند. آنتی‌اکسیدان‌ها نقش قابل تـوجهی را در مهار گونه‌های فعال اکسیژن ایفاء مـی‌کننـد (Liu et al., 2013). گیاهان در برابر تنش القا شده بر اثر تولید گونه‌های فعال اکسـیژن، از طریق آنتی‌اکسیدان‌ها، مقاومت نشان می‌دهند؛ کـه از غشـاء و دیگـر قسمت‌های حیاتی گیاه محافظت می‌نماید (Ali et al., 2008). فعال شدن سیستم آنتی‌اکسیدانی به گیاه جهت مقاومت در برابر آسیب‌های القا شده کمک می‌کند (Noctor et al., 2000). اثر اکوتیـپ نیـز بـر مقدار آنتی‌اکسیدان (p≤۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول ۱) و این مقـدار در اکوتیپ طرود به طور معنی‌داری از اکوتیپ طبس بیشتر بـود (جـدول ۳). اثر تراکم کاشت بر این مقدار تأثیر معنی‌داری نداشت (جـدول ۱). اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ بر این ویژگـی (p≤۰/۰۵) معنـی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۵- مقایسات میانگین اثر متقابل سه سطح تنش خشکی و سه تراکم کاشت (با احتساب خطای استاندارد) بر آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی

Table 5- Mean comparison of interactive effect for three drought stress levels and three plant densities (± standard error) on non-enzymatic anti-oxidant

آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی (میلی گرم در گرم وزن تازه برگ) Non-enzymatic antioxidant ($mg.g^{-1}$ Fw)	تراکم کاشت (بوته در مترمربع) Density ($Plant.m^{-2}$)	تنش خشکی (درصد نیاز آبی) Drought stress (ET_C%)
$0.631 \pm 0.0288^{cd*}$	30	100
0.644 ± 0.0316^{abcd}	40	
0.658 ± 0.0347^{abcd}	50	
0.657 ± 0.0321^{abcd}	30	80
0.718 ± 0.0251^{a}	40	
0.586 ± 0.0242^{d}	50	
0.706 ± 0.0405^{ab}	30	60
0.643 ± 0.0311^{bcd}	40	
0.670 ± 0.0288^{abc}	50	

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level of probability based on LSD test.

مقادیر خطای استاندارد به صورت بازه‌ای برای میانگین‌ها محاسبه شده است.

Standard errors were estimated for mean values intervals.

جدول ٦- مقایسات میانگین اثر متقابل سه سطح تنش خشکی و دو اکوتیپ (با احتساب خطای استاندارد) بر درصد ماده خشک و آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی

Table 6- Mean comparison of interactive effect for three drought stress levels and two ecotypes (± standard error) on dry matter percentage and non-enzymatic anti-oxidant

آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی (میلی‌گرم در گرم وزن تازه برگ) Non-enzymatic antioxidant ($mg.g^{-1}$ Fw)	درصد ماده خشک Dry matter percentage (%)	اکوتیپ Ecotype	تنش خشکی (درصد نیاز آبی) Drought stress (ET_C%)
0.647 ± 0.0285^{b}	$39.16 \pm 0.3227^{a*}$	طبس Tabas	100
0.642 ± 0.0220^{b}	39.14 ± 0.5556^{a}	طرود Toroud	
0.648 ± 0.0239^{b}	38.56 ± 0.3067^{a}	طبس Tabas	80
0.660 ± 0.0330^{b}	36.31 ± 0.3899^{b}	طرود Toroud	
0.620 ± 0.0251^{b}	35.36 ± 0.6444^{b}	طبس Tabas	60
0.727 ± 0.0159^{a}	35.79 ± 0.4107^{b}	طرود Toroud	

* میانگین‌های دارای حرف مشابه در هر ستون، طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد، دارای اختلاف معنی‌دار نیستند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different at the 5% level of probability based on LSD test.

مقادیر خطای استاندارد به صورت بازه‌ای برای میانگین‌ها محاسبه شده است.

Standard errors were estimated for mean values intervals.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد سیر

Table 7- Correlation coefficients between yield and yield components of garlic

ردیف No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	قطر سیرچه (سانتی‌متر) Clove diameter (cm)	1								
2	طول سیرچه (سانتی‌متر) Clove length (cm)	0.81***	1							
3	وزن سیرچه (گرم) Clove weight(g)	0.92***	0.95***	1						
4	قطر سوخ (سانتی‌متر) Bulb weight (g)	0.89***	0.76***	0.86***	1					
5	طول سوخ (سانتی‌متر) Bulb length (cm)	0.77***	0.74***	0.81***	0.88***	1				
6	وزن سوخ (گرم) Bulb weight (g)	0.90***	0.86***	0.93***	0.97***	0.89***	1			
7	تعداد سیرچه در سوخ Number of cloves in bulb	0.53***	0.34*	0.46***	0.78***	0.71***	0.68***	1		
8	درصد ماده خشک Dry matter percentage (%)	0.32*	0.06ns	0.18ns	0.42**	0.43**	0.36**	0.51***	1	
9	عملکرد سوخ (کیلوگرم در هکتار) Bulb yield ($kg.ha^{-1}$)	0.70***	0.62***	0.69***	0.71***	0.68***	0.72***	0.51***	0.44***	1

*، ** و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطوح پنج درصد، یک درصد و یک دهم درصد و ns = غیر معنی‌دار

*, ** and ***: Are significant at 5, 1 and 0.1 % probability, respectively. and ns= non-significant

با اعمال و تشدید تنش خشکی در اکوتیپ طبس، مقدار آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی برگ، تغییر معنی‌داری نیافت اما در رابطه با اکوتیپ طرود با افزایش تنش در سطح ۶۰ درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در رابطه با مقدار آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی برگ مشاهده شد (جدول ۶). در نتیجه می‌توان این چنین گفت که اکوتیپ طرود در برابر سطوح شدیدتر تنش خشکی از طریق افزایش مقادیر آنتی‌اکسیدان غیرآنزیمی، واکنش مقاومتی نشان داده و راهکاری برای تحمل در برابر تنش ایجاد نموده است. اثر متقابل تنش خشکی و تراکم کاشت بر مقدار آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی برگ ($p\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار بود (جدول ۱ و جدول ۵). همچنین اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ و تراکم کاشت بر این مقدار ($p\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار گشت (جدول ۱).

نتیجه‌گیری

در کلیه صفات مورد بررسی در اجزای عملکرد افزایش شدت، تنش خشکی باعث کاهش ویژگی‌های مورد بررسی سیر گردید، به همین علت تنش خشکی به طور معنی‌داری بر عملکرد نیز اثرگذار بوده است و باعث کاهش عملکرد گردیده است. فاکتور تراکم کاشت بر هیچکدام از اجزای عملکرد اثر معنی‌داری نداشته است اما عملکرد سوخ در بالاترین تراکم کاشت به علت تعداد بیشتر سیرهای کشت شده در واحد سطح (مترمربع) به طور معنی‌داری بالاتر بوده است. به نظر می‌رسد که افزایش تراکم بوته در رابطه با گیاه سیر، اثر مثبت به سزایی بر عملکرد کل می‌گذارد در صورتی که اثر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد و خصوصیات تک بوته نداشته است. باید به این نکته توجه داشت که اگرچه وزن تر و وزن خشک و طول سیرچه در اکوتیپ

طرود بیشتر از اکوتیپ طبس بوده اما از طرفی تعداد سیرچه در سوخ در اکوتیپ طبس نسبت به اکوتیپ طرود بیشتر بوده است و به همین دلیل در عملکرد کلی این دو اکوتیپ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردیده است. تنش خشکی باعث افزایش مقدار آنتی اکسیدان غیرآنزیمی برگ‌های سیر گردید و می‌توان چنین احتمال داد که افزایش این مقدار در گیاه باعث ایجاد تحمل بهتر گیاه در مواجه با تنش خشکی شده است و از آسیب‌های بیشتر تنش بر روی گیاه کاسته است. با توجه به افزایش مقدار آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی در اکوتیپ طرود در مواجه با تنش، می‌توان چنین احتمال داد این اکوتیپ در رابطه با ایجاد مکانیسم تحمل در برابر تنش، نسبت به اکوتیپ طبس موفق‌تر بوده است. در نهایت، با توجه به کاهش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تنش خشکی، می‌توان دریافت که برای حصول عملکردی مناسب در رابطه با گیاه سیر، باید از مواجه این گیاه با تنش خشکی اجتناب نمود و تراکم ۵۰ بوته در مترمربع با توجه به پاسخ مناسب سیر و کسب عملکرد بالاتر نسبت به دو تراکم کاشت دیگر، به عنوان تراکم مطلوب شناخته شد.

منابع

1- Adekpe, D.I., Shebayan, J.A.Y., Chiezey, U.F., and Miko, S. 2007. Yield responses of garlic (*Allium sativum* L.) to oxadiazon, date of planting and intra-row spacing under irrigation at Kadawa, Nigeria. Crop Protection 26: 1785-1789.

2- Ahmed, H.G. 2006. Effects of irrigation interval, weeding regimes and clove size on the growth and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in Sokoto. Nigeria. PhD. Thesis submitted to the Department of Crop Science, Usmanu Danfodiyo University, Sokoto.

3- Al-Zahim, M.A., Ford-Lloyd, B.V., and Newbury, H. 1999. Detection of some clonal variation in Garlic (*Allium sativum* L.) using RAPD and cytological analysis. Plant Cell Reports 18(6): 473-477.

4- Ali, M.B., Yu, K.W., Hahn, E.J., and Paek, K.Y. 2005. Differential responses of anti-oxidants enzymes, lipoxygenase activity, ascorbate content and the production of saponins in tissue cultured root of mountain *Panax ginseng* C.A. Mayer and *Panax quinquefolium* L. in bioreactor subjected to methyl jasmonate stress. Plant Science 169: 83-92.

5- Ali, B., Hasan, S.A., Hayat, S., Hayat, Q., Yadav, S., Fariduddin, Q., and Ahmad, A. 2008. A role for brassinosteroids in the amelioration of aluminium stress through antioxidantsystem in mung bean (*Vignaradiata* L. Wilczek). Environmental and Experimental Botany 62: 153-159.

6- Allen, R.G., Periera, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome.

7- Anon. 1983. Garlic guide to cold storage. International standard. International Organization for Standardization. ISO 6663.

8- Babaji, B.A. 1996. Effect of nitrogen fertilization and intra-row spacing on growth and yield of garlic (*Allium sativum* L). Unpublished MSc Thesis, Postgraduate school, Ahmadu Bello University, Zaria 101 pp.

9- Bideshki, A., and Arvin, M.J. 2010. Effect of salicylic acid (SA) and drought stress on growth, bulb yield and allicin content of garlic (*Allium sativum*) in field. Plant Ecophysiology 2: 73-79. (In Persian)

10- Darabi, A., and Dehghani, A. 2010. Effect of planting date and planting density on yield, yield components and rust disease severity in ramhormoz selected garlic in Behbahan. Seed and Plant Production Journal 26(1): 43-55. (In Persian with English Summary)

11- Duranti, A., and Barbieri, G. 1986. The response of garlic (*Allium sativum* L.) for storage to variations in irrigation regim and in planting density. Rivista Della Ortoflorofrutticoltura Italiana 70(4): 285-298.

12- Fabeiro Cortes, C., Martin de Santa Olalla, and Lopez Urrea, R. 2003. Production of garlic (*Allium sativum* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. Agricultural Water Management 59: 155-167.

13- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development 29: 185-212.

14- Forouzandeh, M., SiroosMehr, A.R., Ghanbari, A., Asgharipour, M.R., and Khamri, A. 2011. The effect of drought stress levels and municipal solid waste compost on the quantitative and qualitative characteristics of medicinal Peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(4): 670-677. (In Persian with English Summary)

15- Ghadami FiruzAbadi, A., Nasseri, A., and Nosrati, A.E. 2010. Water use efficiency and yield of garlic responses to the irrigation system, intra-row spacing and nitrogen fertilization. Journal of Food, Agriculture and Environment 8(2): 344-346.
16- Hanson, B., May, D., Voss, R., Cantwell, M., and Rice, R. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agricultural Water Management Journal 58: 29-43.
17- Jaleel, C.A., Gopi, R., Sankar, B., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2008. Differential responses in water use efficiency in two varieties of *Catharanthus roseus* under drought stress. Comptes Rendus Biologies 331: 42-47.
18- Karaye, A.K., and Yakubu, A.I. 2007. Checklist of weeds in irrigated garlic (*Allium sativum* L.) and onion (*Allium cepa* L.) in Sokoto river Valley. Journal of Weed Science 20: 53-60.
19- Khajehpour, M.R. 2009. Principles and Fundamentals of Crop Production. Third edition, Jihad-e- Daneshgahi. Press of Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran 631 pp. (In Persian)
20- Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Organic cultivation of *Plantago ovata* and *P. psyllium* in response to water stress. Iranian Journal of Field Crops Research 2(1): 67-79. (In Persian with English Summary)
21- Kuk, Y., Shin, J., Burgo, S., Hwang, R., Jung, O., and Guh, J.O. 2003. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage plants. Crop Science 43: 2109-2117.
22- Liu, J., Xia, Z., Wang, M., Zhang, X., Yang, T., and Wu, J. 2013. Overexpression of a maize E_3 ubiquitin ligase gene enhances drought tolerance through regulating stomatal aperture and antioxidant system in transgenic tobacco. Plant Physiology and Biochemistry 73: 114-120.
23- Maksoud, M.A., Beheidi, M.A., Sherifa, F., Ahmed, E., and El-Sayed, T. 1983. Evaluation of garlic cultivars and date of planting on the performance of two garlic cultivars. Egyptian Journal of Horticulture 10(2): 121-128.
24- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. The Journal of Science and Technology 26(2): 211-219.
25- Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S., and Foyer, C.H. 2000. Peroxide processing in photosynthesis: antioxidant coupling and redox signaling. Philosophical transactions of the royal society of London, Series B, 355: 1465-1475.
26- Noorbakhshian, S.J., Mousavi, S.A., and Bagheri, H.R. 2008. Evaluation of agronomic traits and path coefficient analysis of yield for garlic cultivars. Pajouhesh and Sazandegi (77): 10-18. (In Persian with English Summary)
27- Pedraza-Chaverrı´, J., Medina-Campos, O.N., A´vila-Lombardo, R., Zu´n˜iga-Bustos, A.B., and Orozco-Ibarra, M. 2006. Reactive oxygen species scavenging capacity of different cooked garlic preparations. Life Sciences 78: 761-770.
28- Pelter, G.Q., Mittelstadt, R., Lieb, B.G., and Redulla, C.A. 2004. Effects of water stress at specific growth stages on onion bulb yield and quality. Agricultural Water Management 68: 107-115.
29- Rahman, A.K., and Talukdar, M.R. 1987. Influence of date of planting and plant spacing on the growth and yield of garlic. Horticultural Abstracts 57(10): 810.
30- Rees, L.P., Minney, S.F., Plummer, N.T., Slater, J.H., and Skyrme, D.A. 1993. A quantitative assessment of the antimicrobial activity of garlic (*Allium sativum*). World Journal of Microbiology and Biotechnology 9: 303-307.
31- Sabbaghzadeh, F., and Kashi, A.K. 2005. The comparison of two populations of garlic (*Allium Sativum* L.) with different planting densities. Proceedings of the 4th Iranian Horticultural Sciences Congress. Mashhad, Iran p. 317-318. (In Persian)
32- Sapeta, H., Costa, M., Lourenco, T., Maroco, J., Linde, P., and Margarida Oliveira, M. 2012. Drought stress response in Jatrophacurcas: Growth and physiology. Environmental and Experimental Botany 85: 76-84.
33- Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C., and Hong-Mei, M. 2008. Higher plant antioxidants and redox signalling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologies 331: 433-441.
34- Sharif Rohani, M., Kafi; M., and Nezami, A. 2014. The Effect of irrigation regime and sowing depth on yield and yield components of Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) in Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology 6(2): 219-228. (In Persian with English Summary)
35- Sterling, S.J., and Eagling, R.D. 2001. Agronomic and allicin yield of Australian grown garlic. Acta Horticulturae. 555: 63-73.
36- Zhu, Q.Y., Hackman, R.M., Ensunsa, J.L., Holt, R.R., and Keen, C.L. 2002. Antioxidative activities of oolong tea, Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 6929-6934.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 95-106

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۰۶-۹۵

The Effects of Drought Stress on Yield, Yield Components and Anti-oxidant of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes with Different Planting Densities

S. Akbari[1*], M. Kafi[2] and S. Rezvan Beidokhti[3]
Submitted: 23-08-2015
Accepted: 06-01-2016

Akbari, S., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, S. 2016. The effect of drought stress on Yield, yield components and anti-oxidant of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities, Journal of Agroecology 8(1): 95-106.

Introduction

Drought stress reduces plant growth by affecting various physiological and biochemical processes, such as photosynthesis, respiration, translocation, ion uptake, carbohydrates, nutrient metabolism and growth promoters.

Garlic (*Allium sativum* L.) is an annual bulb crop that has been cultivated since ancient times and was used as a spice and condiment for many centuries. Garlic is an important plant because of its pharmaceutical properties. The optimum yield of this bulb crop depends on well-managed irrigation, fertilization and cultivation practices. In the final and middle stages of growth, garlic is sensitive to water stress and low irrigation is unsuitable in these stages.

This experiment was established to study the influence of drought stress and planting density on yield and its components and the non-enzymatic anti-oxidant content of two different garlic ecotypes.

Materials and methods

This study was conducted in 2011-2012 in a farmland at the south east of Semnan city. The experimental layout was a split-plot factorial with a randomized complete block design with three replications.

The treatments were comprised of three factors: irrigation rates (60%, 80% and 100% of estimated crop evapotranspiration (ET_C)) as the main plot and the factorial combination of three levels of planting density (30, 40 and 50 plants.m^{-2}) and two ecotypes (*Tabas* and *Toroud*) as the sub-plots.

To estimate the crop water requirement, different meteorological parameters were collected from Semnan weather station and were used based on FAO-56 water irrigation calculation instructions.

After harvesting, ten garlic plants were sampled randomly in each plot and bulb yield components were measured. To calculate the leaves anti-oxidant content, DPPH method was used. The statistical significances of mean values were assessed by analysis of variance and LSD tests at $p\leq0.05$. All calculations were performed using SAS and Mstat-C softwares.

Results and discussion

Drought stress decreased bulb yield and dry matter percentage significantly.

Planting density had significant effects on bulb yield and the yield of planting density of 50 plants m^{-2} were significantly higher than two other densities.

The interaction of drought stress and ecotype factors affected the dry matter percentage.

Drought stress decreased fresh and dry weight, length of bulbs and the bulb diameter significantly.

Drought stress decreased fresh and dry weight, diameter, length and number of cloves significantly as well.

Drought stress is an important limiting factor at the initial phase of plant growth and establishment. It affects both elongation and expansion growth (Shao et al., 2008).

Fresh and dry weight and length of cloves were significantly higher in *Toroud* ecotype. In contrast, the number of cloves in the bulb was significantly higher in *Tabas*.

Studying the correlation coefficients showed that the bulb yield per unit area was significantly and positively correlated with diameter, weight and length of cloves and bulbs and also the dry matter percentage at $P\leq0.001$. The maximum correlation belonged to yield at the unit area and weight of the bulb ($r=0.72$). In other words, any

1, 2 and 3- MSc Student in Agronomy, Azad Islamic University, Damghan, Professor, Agronomy Faculty, Ferdowsi University, Mashhad and Assistant Professor Azad Islamic University, Damghan, Iran, respectively.
(*-Corresponging author Email: Shivaa.akbari@yahoo.com)

bulb-weight-increasing factor did have the highest effect on increasing the yield per unit area as well.

Drought stress, increased leaf non-enzymatic anti-oxidant significantly.

Anti-oxidants plays significant roles in ROS scavenging and influences cellular ROS balance. Activation of antioxidant system helps the plants to tolerate stress form induced damage.

The effect of ecotype was significant on anti-oxidant content and the value were significantly higher in *Toroud* ecotype. *Toroud* ecotype showed resisting reactions against higher levels of drought stress by increasing the non-enzymatic anti-oxidant content and created tolerating mechanisms versus stress.

Conclusion

Drought stress reduced yield and yield parameters and increased non-enzymatic anti-oxidant content of garlic. The increment of anti-oxidant content showed the tolerance of garlic to drought stress. The maximum bulb yield was obtained at the highest planting density.

Keywords: Bulb, Clove, Dry weight, Non-enzymatic anti-oxidant.

Reference

Liu, J., Xia, Z., Wang, M., Zhang, X., Yang, T. and Wu, J. 2013. Overexpression of a maize E3 ubiquitin ligase gene enhances drought tolerance through regulating stomatal aperture and antioxidant system in transgenic tobacco. Plant Physiology and Biochemistry 73:114-120.

Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S., Foyer, C.H., 2000. Peroxide processing in photosynthesis: antioxidant coupling and redox signaling. Philosophical transactions of the Royal Society of London, Series B, 355:1465-1475.

Shao, H.B., Chu, L.Y., Shao, M.A., Abdul Jaleel, C. and Hong-Mei, M. 2008. Higher plant antioxidants and redox signaling under environmental stresses. Comptes Rendus Biologies 331:433-441.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 119-107

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 107-119

تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای گوناگون شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت شرایط تنش رطوبتی

فاطمه سلیمانی[1]، گودرز احمدوند[2*] و علی اکبر صفری سنجانی[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/23
تاریخ پذیرش: 1394/08/20

سلیمانی، ف.، احمدوند، گ.، و صفری سنجانی، ع.ا. 1395. تأثیر سیستم‌های تغذیه‌ای گوناگون شیمیایی، زیستی و آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تحت شرایط تنش رطوبتی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(1): 119-107.

چکیده

به منظور بررسی اثر سیستم‌های گوناگون تغذیه‌ای بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه روغنی آفتابگردان رقم یوروفلور (*Helianthus annuus* L.) در شرایط تنش رطوبتی، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال 93-1392 اجرا شد. تیمارها شامل دو سطح آبیاری بهینه و تنش کم آبیاری (به ترتیب آبیاری پس از 60 و 120 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان کرت‌های اصلی و تیمارهای گوناگون تغذیه گیاهی شامل: 1- عدم کاربرد هر گونه کود شیمیایی و زیستی (شاهد)، 2- کاربرد 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده (NPK)، 3- کود آلی ورمی‌کمپوست، 4- کود زیستی فسفونیتروکارا، 5- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا، 6- ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 7- فسفو نیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 8- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده و 9- 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده به عنوان کرت‌های فرعی بود. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تنش کم آبی و تیمارهای تغذیه‌ای به طور معنی‌داری تمامی صفات اندازه‌گیری شده را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین اثر متقابل سیستم تغذیه در آبیاری بر صفات وزن طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. بالاترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری بهینه با کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد (591 گرم در مترمربع)، در حالی‌که در شرایط تنش کم آبی، بیشترین عملکرد (314 گرم در مترمربع) به کاربرد ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از کود شیمیایی توصیه شده تعلق داشت. به طور کلی، از مقایسه کودهای بررسی شده چنین به نظر می‌رسد که کاهش مصرف کودهای شیمیایی و جایگزینی آن با ورمی‌کمپوست می‌تواند در راستای نیل به کشاورزی پایدار در شرایط تنش رطوبتی، مؤثر واقع شود.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، فسفونیتروکارا، کشاورزی پایدار، ورمی‌کمپوست

مقدمه

آفتابگردان با نام علمی (*Helianthus annuus* L.) به خانواده گل ستاره‌ای‌ها (Asteraceae) تعلق دارد. روغن استحصالی از آفتابگردان به دلیل دارا بودن مقدار زیادی اسید چرب غیراشباع لینولئیک، از کیفیت بالایی برخوردار است. این اسید چرب برای انسان بسیار ضروری است و بدن انسان قادر به تولید آن نمی‌باشد (Aleyari & Shekari, 2000). برای دستیابی به عملکرد اقتصادی بالا در هر گیاهی، تأمین رطوبت کافی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد، آن‌چنان که خشکی محدودکننده‌ترین عامل در رشد و تولید گیاهان زراعی در بیشتر نقاط ایران و جهان شناخته شده است. جذب عناصر غذایی توسط گیاه تحت تأثیر میزان آب موجود در خاک واقع می‌گردد. افزون بر تأمین رطوبت (Blum, 1997)، فراهم نمودن مقدار کافی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک (Reddy et al., 2003) از جنبه‌های بسیار مهم مدیریت زراعی به منظور افزایش عملکرد و

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشیار، گروه زراعت و استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا
(*- نویسنده مسئول: Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

بهبود کیفیت محصول گیاهان زراعی است. میزان تولید محصول، با میزان عرضه عناصر معدنی و آلی خاک که برای آن قابل بهره‌گیری باشد، متناسب بوده و از دیرباز بشر به اهمیت عناصر معدنی و آلی در رشد گیاه و تولید محصول پی برده است. امروزه از کودها به عنوان ابزاری برای دستیابی به حداکثر تولید در واحد سطح بهره‌گیری می‌شود. هر چند بهره‌گیری از عناصر غذایی شیمیایی از عوامل مهم به زراعی هستند که بر رشد و نمو و عملکرد و کیفیت محصول تأثیر قابل توجهی دارند، اما مدیریت عناصر غذایی به روش متداول و با کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی موجب دشواری‌های زیست‌محیطی فراوانی از جمله آلودگی منابع آب و خاک، افت کیفیت محصولات کشاورزی، و کاهش حاصلخیزی خاک‌ها گردیده است (Sharma, 2002). این عوامل موجب جلب توجه به سوی نظام‌های زراعی سالم و پایدار از نظر اکولوژیک شده است. در این میان بهره‌گیری از فرآورده‌های آلی و زیستی در جهت تغذیه گیاهان زراعی یکی از راه حل‌ها در مسیر دستیابی به بخشی از اهداف کشاورزی پایدار به حساب می‌آید (Saleh Rastin, 2001). کودهای زیستی از یک یا چند گونه ریزجاندار سودمند به همراه مواد نگهدارنده و یا فرآورده‌های آن‌ها ساخته شده‌اند (Vessey, 2003). این ریزجانداران با ساخت هورمون‌های گیاهی، افزایش قابلیت دسترسی عناصر در خاک، کاهش تنش ناشی از عناصر سنگین و ساخت کنترل‌گرهای زیستی در برابر پاتوژن‌های گیاهی، رشد گیاه را افزایش می‌دهند (Gharib et al., 2008). گروهی از این ریزجانداران سودمند باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن هستند که به عنوان کود زیستی، علاوه بر رفع کمبود نیتروژن و بهبود حاصلخیزی خاک، باعث افزایش عملکرد و کاهش آلودگی منابع آبی می‌شوند (Hungria et al., 1997). باکتری‌های حل‌کننده فسفات نیز گروه دیگری از ریزموجودات را در بر می‌گیرند که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول و قابل دسترس برای گیاه تبدیل کنند. کودهای آلی باعث افزایش ماده آلی خاک می‌شوند و از طریق بهبود خصوصیات شیمیایی خاک از جمله pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها و میزان دسترسی به مواد غذایی، افزایش باروری خاک را سبب می‌شوند (Renato et al., 2003). ورمی‌کمپوست کودی آلی و شامل مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی می‌باشد که سبب ادامه تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی و آنزیمی در بستر کشت گیاه می‌گردد (Bremness, 1999). علاوه بر این، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، آزادسازی عناصر غذایی موجود در خاک و تولید هورمون‌های گیاهی، می‌تواند رشد و نمو گیاهان را بهبود بخشد (Tomati et al., 1988). تحقیقات بسیاری در زمینه تعیین سودمندی کودهای زیستی تحت شرایط گوناگون انجام شده است. جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) در بررسی پیامدهای کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به همراه کود نیتروژن بر آفتابگردان تحت رژیم‌های گوناگون آبیاری پی بردند که عملکرد بذر آفتابگردان با کاربرد همزمان کود نیتروژن و باکتری‌های فوق الذکر بهبود پیدا می‌کند. در مطالعات بیست ساله جیانگ و هنجسدیک (Jiang & Hengsdijk, 2006) اثر کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد گندم زمستانه (*Triticum aestivum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) بیشتر از اثر این کودها به صورت مستقل بود. در بررسی تأثیر تنش آبی و کاربرد کود فسفره بیولوژیک در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)، بهترین عملکرد بذر در آبیاری معمول و کاربرد تلفیقی فسفر شیمیایی و زیستی به دست آمد (Sanoie et al., 2013). نتایج بسیاری از مطالعات نیز مبین تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست در بهبود رشد و کیفیت محصول گیاه زراعی می‌باشد (Rezvani Moghaddam et al., 2010; Pant et al., 2011). با نگاه به آن‌چه یاد شد، این پژوهش با هدف ارزیابی و سنجش پیامد تیمارهای تغذیه‌ای گوناگون اعم از شیمیایی، زیستی و آلی تحت شرایط عدم تنش و تنش کم آبی بر آفتابگردان در شرایط آب و هوایی همدان، انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا، همدان با مختصات عرض جغرافیایی 34 درجه و 52 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه و 32 دقیقه شرقی، با ارتفاع 1741 متر از سطح دریا و متوسط بارندگی 330 میلی‌متر در سال زراعی 93-1392، انجام شد. قبل از انجام آزمایش به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش نمونه‌ای مرکب از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک مزرعه تهیه که نتایج تجزیه آن در جدول 1 ارائه گردیده است. میزان عناصر غذایی و برخی خصوصیات ورمی‌کمپوست مورد استفاده نیز تعیین شد (جدول 1).

جدول 1- مشخصات خاک و ورمی‌کمپوست

Table 1- Characteristics of the soil and vermicompost

	ماده آلی (درصد) O.C (%)	نیتروژن کل (درصد) N_{total} (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) $K_{available}$ ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) $P_{available}$ ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
Soil خاک	1	0.1	345	10.8	7.6	4.6
Vermicompost ورمی‌کمپوست	9.51	0.84	1727	1200	8	3.36

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل آبیاری در دو سطح: آبیاری بهینه (آبیاری پس از 60 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و تنش کم آبیاری (آبیاری پس از 120 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) به عنوان کرت‌های اصلی و ترکیبی از تیمارهای گوناگون تغذیه گیاهی در نه سطح شامل: 1- عدم کاربرد هر گونه کود شیمیایی و زیستی (شاهد)، 2- کاربرد 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده بر اساس آزمون خاک (NPK)، 3- کود آلی ورمی‌کمپوست، 4- کود زیستی فسفونیتروکارا، 5- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا، 6- ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 7- فسفو نیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده، 8- ورمی‌کمپوست+ فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده و 9- 50 درصد کود شیمیایی نیتروژن و فسفر پیشنهاد شده بدون کود زیستی به عنوان کرت‌های فرعی بود.

زمین محل اجرای آزمایش در سال قبل آیش بود. تهیه بستر، شامل عملیات شخم و دیسک‌زنی در اردیبهشت ماه 1393 انجام شد. کاشت بذور آفتابگردان رقم یوروفلور با دست و به صورت خشکه‌کاری در اول تیر ماه انجام گرفت. در هر کرت آزمایشی پنج خط به طول پنج متر در نظر گرفته شد و فاصله خطوط 60 سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت، 20 سانتی‌متر بود. با توجه به تیمارهای حاصلخیزی خاک مورد نظر، کود شیمیایی نیتروژنی از منبع اوره به میزان 200 کیلوگرم در هکتار (یک سوم به صورت پایه و دو سوم به صورت سرک در زمان آغاز رشد سریع بوته‌ها و قبل از گلدهی) و فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل بر اساس آزمون خاک به اندازه 50 کیلوگرم در هکتار و نیمی از میزان پیشنهاد شده در خاک به کار رفت. جهت تأمین پتاسیم مورد نیاز نیز از کلرور پتاسیم به میزان 50 کیلوگرم در هکتار استفاده شد. فسفونیتروکارا که دارای باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن (*باسیلوس کوآگولانس*، *ازتوباکتر کروکوکوم* و *آزوسپیریلوم لیپوفروم*) است به میزان پیشنهاد شده توسط شرکت سازنده (110 سی‌سی به ازاء 10 کیلوگرم بذر) و به صورت بذرمال استفاده شد. پس از تلقیح، کلیه بذور تیمار شده در سایه و به دور از نور خورشید خشک شدند و بلافاصله پس از خشک شدن کامل بذور تلقیح شده آفتابگردان، در کرت‌های مربوطه کشت انجام شد. کود آلی ورمی‌کمپوست نیز در تیمارهای مورد نظر بر پایه میزان 15 تن در هکتار پیش از کاشت با خاک آمیخته شد. با تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ET_o) به روش فائو-پنمن مونتیث و ضرایب گیاهی (K_c) در مراحل مختلف رشد، نیاز آبی گیاه (ET_{Crop}) در منطقه مورد آزمایش از معادله (1) تعیین (Allen et al., 1998) و سپس با در نظر گرفتن بارندگی مؤثر، راندمان آبیاری (60 درصد) و 45 درصد تخلیه مجاز رطوبتی در منطقه توسعه ریشه، حجم آبیاری برآورد شد (Doorenbos & Kassam, 1979). آبیاری با استفاده از لوله پلی اتیلن انجام و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری با استفاده از کنتور کنترل گردید. زمان شروع اعمال تنش کم آبیاری پس از استقرار گیاه در مرحله 8-6 برگی بود (Chimenti & Hall, 2002).

$$ET_{Crop} = K_c \times ET_0 \quad (1)$$

در پایان فصل، برداشت نهایی از هر کرت با رعایت اثر حاشیه و با کوادراتی به مساحت یک مترمربع انجام شد. سپس وزن طبق، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیک و اقتصادی آفتابگردان اندازه‌گیری شد. پردازش داده‌ها با بهره‌گیری از نرم‌افزار

SAS 9.2 و ترسم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر تنش کم‌آبی و تیمارهای گوناگون کودی بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. برهمکنش سیستم کودی در آبیاری بر صفات وزن طبق، تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه و بیولوژیک معنی-دار و در سایر صفات غیرمعنی‌دار بود (جدول 2).

قطر طبق: تنش کم‌آبی و سیستم‌های گوناگون کودی، قطر طبق آفتابگردان را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند، اما برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول 2). با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها، قطر طبق در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به آبیاری بهینه به طور معنی‌داری به میزان 24 درصد کاهش یافت (جدول 3). گوکسوی و همکاران (Goksoy et al., 2004) نیز نتیجه گرفتند که تنش رطوبتی باعث کاهش معنی‌دار قطر طبق می‌شود. دانشیان و جباری (Daneshian & Jabbari, 2008) نیز طی یک مطالعه مشاهده کردند که، اعمال تنش کم آبیاری در سطوح 100، 150 و 200 میلی‌متر تبخیر، به ترتیب سبب کاهش 14، 27 و 39 درصدی قطر طبق در مقایسه با تیمار شاهد می‌شود.

نتایج آزمایش مبین اثر مثبت منابع کودی مورد استفاده بر صفت قطر طبق بود (جدول 3). مقایسه میانگین تیمارهای گوناگون کودی نشان داد که بیشترین قطر طبق (17/03 سانتی‌متر) در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست به دست آمد که در مقایسه با شاهد عدم مصرف هر گونه کود 9/5 درصد بیشتر بود. کمترین قطر طبق (14/07 و 14/05سانتی‌متر) نیز در تیمارهای فسفونیتروکارا و کاربرد تلفیقی فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ نیمی از کود شیمیایی توصیه شده مشاهده شد.

جدول 2- تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بر عملکرد، اجزاء عملکرد و شاخص برداشت آفتابگردان

Table 2- Analysis of variance of irrigation levels and fertilizer treatments effect on yield, yield components and harvest index of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		قطرطبق Head diameter	وزن طبق Head weight	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن هزاردانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه GY	عملکرد بیولوژیک BY	شاخص برداشت HI
تکرار Replication	2	5.66^{ns}	2919.46^{ns}	16814.30^{ns}	5.55^{ns}	7361.79^{ns}	12718.22^{ns}	38.37^{ns}
آبیاری Irrigation	1	254.8*	1162480.1**	1008053.41**	2535.18**	603145.35**	4194490.74**	496.46*
خطای a Error a	2	7.61	14378.39	12800.30	7.41	4043.46	60183.41	23.83
کود Fertilizer	8	8.44**	121859.05**	125978.92**	87.50*	34504.52**	331717.37**	46.02*
کود x آبیاری Fertilizer xirrigation	8	1.63^{ns}	34105.67**	59691.45**	41.43^{ns}	7761.52**	75707.12**	19.12^{ns}
خطای b Error b	32	1.38	4790.97	9123.11	33.04	2667.52	21465.54	20.52
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.47	8.75	9.45	11.12	16.24	12.36	17.31

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

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

GY، BY و HI: به ترتیب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت هستند.

GY, BY and HI: Are seed yield, biological yield and harvest index, respectively.

چنین به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر کاربرد توأم انواع کودها اثر مثبتی بر عملکرد و اجزاء عملکرد آفتابگردان نداشته است که می‌توان بخشی از این تأثیر منفی را در ارتباط با شرایط خاک به ویژه در ناحیه ریشه و عدم استقرار مطلوب ریزجانداران دانست که می‌تواند بر جمعیت باکتری‌های مفید تأثیر نامطلوبی داشته باشد (نتایج مربوط به جمعیت ریزجانداران نشان داده نشده است).

وزن هزار دانه: اثر ساده آبیاری و سیستم‌های کودی بر وزن هزار دانه آفتابگردان معنی‌دار شد اما اثر متقابل آن‌ها بر این جزء از عملکرد معنی‌دار نبود (جدول 2). با توجه به این‌که آب در فعالیت‌های مختلف فیزیولوژیک گیاه، فتوسنتز، آسیمیلاسیون، نقل و انتقال شیره پرورده و انتقال مجدد مواد به سوی دانه‌ها نقش به سزایی دارد کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش آبی دور از انتظار نیست. به طوری‌که در مطالعه حاضر نیز احتمالاً به علت تولید و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها تحت تنش رطوبتی، در تیمار کم‌آبیاری، وزن هزار دانه آفتابگردان 23/4 درصد کمتر از آبیاری بهینه بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین مقدار وزن هزار دانه آفتابگردان (56/67 گرم) با کاربرد توأم کود آلی ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از میزان پیشنهاد شده کود شیمیایی به دست آمد. هر چند تفاوت معنی‌داری بین تیمار مذکور با کاربرد کامل کود شیمیایی نبود اما استفاده تلفیقی از ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی به میزان 15 درصد نسبت به عدم کاربرد هر گونه کود، افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه را به همراه داشت (جدول 3). مطالعات نانجاپا و همکاران (Nanjappa et al., 2001) در ذرت نیز نشان داد که مصرف ورمی‌کمپوست باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه می‌شود.

جدول 3- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در سطوح آبیاری و تیمارهای کودی

Table 3- Means comparison of studied traits in irrigation levels and fertilizer treatments

تیمارها Treatments	قطرطبق (سانتی‌متر) Head diameter (cm)	وزن طبق (گرم) Head weight (g)	تعداد دانه در طبق Seed per head	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت Harvest index
سطوح آبیاری Irrigation levels							
I_1	17.92^{a*}	937.81^{a}	1147.04^{a}	58.52^{a}	423.67^{a}	1463.59^{a}	29.19^{a}
I_2	13.58^{b}	644.37^{b}	873.78^{b}	44.81^{b}	212.30^{b}	906.19^{b}	23.21^{b}
انواع کود Fertilizer types							
V	17.03^{a}	892.83^{b}	1162.50^{ab}	54.17^{ab}	404.67^{a}	1388.17^{b}	25.52^{ab}
Vcf	16.95^{ab}	902.33^{b}	1112.83^{bc}	56.67^{a}	405.33^{a}	1298.67^{bc}	30.83^{a}
Ccf	16.72^{ab}	1052.50^{a}	1250.67^{a}	55.83^{ab}	418.83^{a}	1679.83^{a}	24.11^{b}
Hcf	16.70^{ab}	794.83^{c}	1043.17^{cd}	49.17^{abc}	304.83^{bc}	1169.00^{cd}	25.71^{ab}
Pcf	15.77^{abc}	798.17^{c}	$953.17d^{ef}$	53.33^{ab}	317.17^{b}	1078.50^{de}	28.85^{ab}
Na	15.42^{bcd}	584.00^{e}	836.50^{f}	48.33^{bc}	219.17^{d}	933.17^{e}	23.38^{b}
Pv	15.05^{cd}	$738.17c^{d}$	992.00^{de}	50.00^{abc}	300.33^{bc}	1091.17^{de}	26.90^{ab}
P	14.07^{d}	691.00^{d}	832.33^{f}	52.50^{ab}	247.50^{cd}	1018.67^{de}	24.06^{b}
Pvcf	14.05^{d}	666.00^{d}	910.50^{ef}	45.00^{c}	244.00^{cd}	1006.83^{de}	23.04^{b}

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

* Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level-using Duncan multiple range test (DMRT).

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

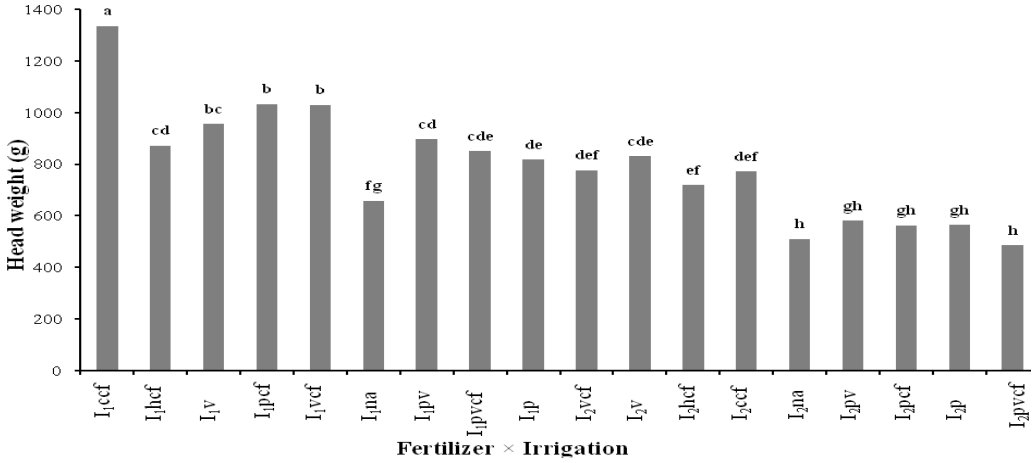
(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

در بررسی تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای و کود زیستی در گیاه آفتابگردان توسط اکبری و همکاران (Akbari et al., 2009)،

بالاترین وزن هزار دانه از تیمار تلفیقی کود آلی و شیمیایی به دست آمد. سنایی و همکاران (Sanoie et al., 2013) نیز کاهش 14 درصدی وزن هزار دانه گلرنگ را در اثر تنش آبی در مرحله گلدهی گزارش کردند. آن‌ها همچنین پی بردند که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار کود زیستی بیوسوپر فسفات به همراه 25 درصد فسفر توصیه شده حاصل شد.

وزن طبق: در اثر تنش کم‌آبی وزن طبق آفتابگردان به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری‌که وزن طبق در شرایط تنش نسبت به حالت بهینه آبیاری 31 درصد کاهش پیدا کرد. مقایسه میانگین تیمارهای تغذیه‌ای نیز نشان داد که کمترین (584 گرم) و بیشترین (1052/5 گرم) وزن طبق آفتابگردان به ترتیب از کاربرد کامل کود شیمیایی و عدم مصرف هر گونه کود حاصل شد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های گوناگون تغذیه با تنش کم‌آبی نشان داد که در شرایط مطلوب آبیاری بیشترین وزن طبق در اثر کاربرد کامل کود شیمیایی حاصل شد که در مقایسه با عدم مصرف کود 38 درصد افزایش داشت. در حالی‌که در شرایط تنش کم-آبی، بیشترین مقدار وزن طبق (830/67 گرم) در تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست و کمترین مقدار (485/33 گرم) در کاربرد توأم کود شیمیایی به همراه ورمی‌کمپوست و فسفونیتروکارا به دست آمد (شکل 1). بر اساس بررسی جمعیت برخی از میکروارگانیسم‌های مفید خاک (نتایج نشان داده نشده) چنین به نظر می‌رسد که استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی به نفع روابط زیستی ریزجانداران محیط ریشه نبوده و باعث کاهش جمعیت آن‌ها و در نتیجه تأثیر منفی بر پارامترهای گیاهی از جمله وزن طبق گردیده است.

تعداد دانه در طبق: تنش کم‌آبی به طور معنی‌داری تعداد دانه در طبق آفتابگردان را تحت تأثیر قرار داد به طوری‌که تعداد دانه در طبق در تنش کم‌آبی نسبت به شرایط آبیاری بهینه حدود 24 درصد (از 1147/04 به 873/78 دانه در طبق) کاهش یافت. احتمالاً تنش خشکی از طریق کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی و افت تعداد گلچه‌های بارور و نیز کاهش قطر طبق به کاهش تعداد دانه در طبق آفتابگردان منجر شده است. صرف نظر از آبیاری، تعداد دانه در طبق آفتابگردان با کاربرد کود در مقایسه با عدم مصرف آن در اکثر تیمارها افزایش پیدا کرد.



شکل 1- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر وزن طبق آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 1- Effect of chemical and bio-fertilizer on sunflower head weight under irrigation levels

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

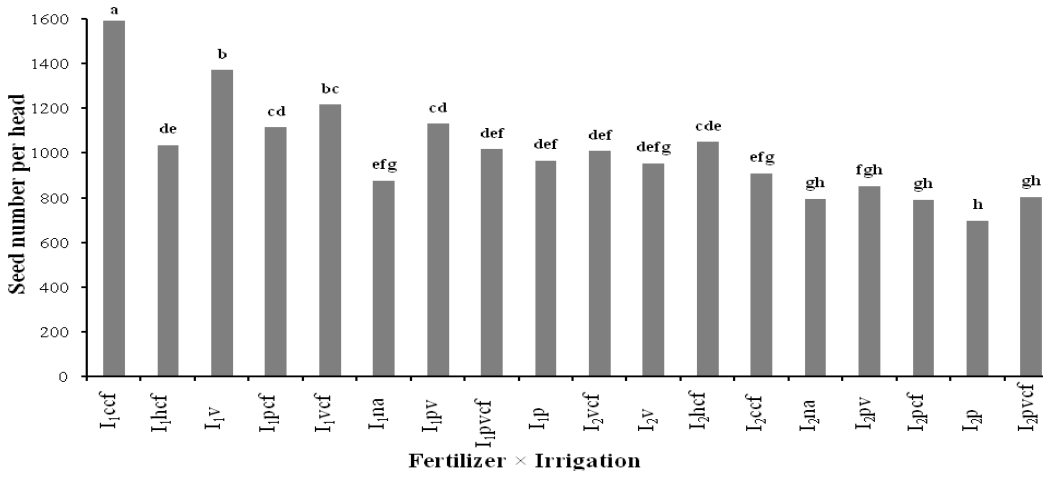
(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level-using Duncan multiple range test (DMRT).

بیشترین تعداد دانه در طبق، در کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کاربرد ورمی‌کمپوست نداشت. در شرایط عدم تنش، بیشترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان در تیمار کاربرد کامل کود شیمیایی حاصل شد، در حالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی، بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار کاربرد نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده مشاهده شد، هر چند که با تیمارهای کاربرد کامل کود شیمیایی، ورمی‌کمپوست و کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی توصیه شده تفاوت آماری نداشت (شکل 2). جذب عناصر غذایی توسط گیاه تحت تأثیر میزان آب موجود در خاک جذب عناصر غذایی توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در پژوهش حاضر نیز کمبود رطوبت خاک به عنوان عامل محدودکننده، کارآیی مصرف کود شیمیایی را تحت تأثیر قرار داده و باعث شده که مصرف کامل کود شیمیایی، افزایش معنی‌داری را در تعداد دانه در طبق در پی نداشته باشد.

عملکرد دانه: نتایج نشان داد که عملکرد دانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش کم‌آبی قرار گرفت، به طوری‌که عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی (212/30 گرم در مترمربع) حدود 50 درصد نسبت به آبیاری بهینه (423/7 گرم در مترمربع) کمتر بود. می‌توان افت عملکرد دانه را به کاهش معنی‌دار تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه آفتابگردان تحت تنش کم‌آبی نسبت داد. صرف نظر از آبیاری، بیشترین عملکرد دانه به میزان 418/83 گرم در مترمربع از تیمار کود شیمیایی به دست آمد که تفاوت آماری معنی‌داری با تیمارهای کاربرد ورمی‌کمپوست و ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده نداشت. با مقایسه اثر متقابل سیستم‌های گوناگون تغذیه‌ای با تنش کم‌آبی مشاهده شد که در شرایط آبیاری بهینه کاربرد کامل کود شیمیایی بالاترین عملکرد دانه را به همراه داشت. در شرایط تنش کم‌آبی نیز مقایسه میانگین عملکرد دانه آفتابگردان نشان داد که در این شرایط کاربرد نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده به همراه کود آلی ورمی‌کمپوست بیشترین عملکرد دانه را در پی داشته است (شکل 3) که حدود 21/6 درصد بیشتر از کاربرد میزان کامل کود شیمیایی در شرایط تنش کم‌آبی بود. از آن‌جا که فرآیند رشد گیاه به میزان زیادی وابسته به محتوای رطوبتی گیاه است.



شکل 2- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 2- Effect of chemical and bio-fertilizer on seed number per head of sunflower under irrigation

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

levels (I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

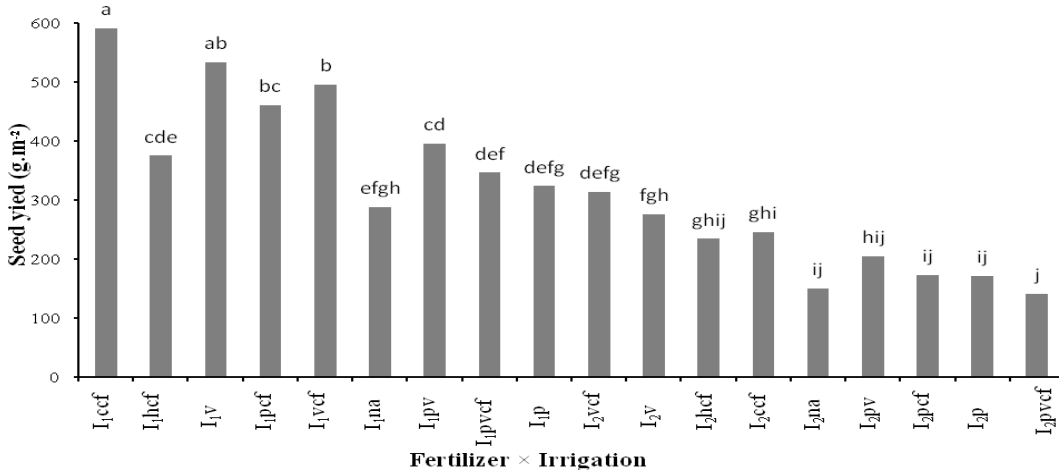
میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level-using Duncan multiple range test (DMRT).

بنابراین، احتمال می‌رود که کود آلی ورمی‌کمپوست توانسته با افزایش ظرفیت نگهداری آب، آزادسازی و فراهمی مطلوب عناصر غذایی موجود در خاک باعث بهبود عملکرد دانه شود. علاوه بر دلایل ذکر شده روئستی و همکاران (Roesty et al., 2006) افزایش عملکرد توسط کود ورمی‌کمپوست را به علت جلوگیری از آب‌شویی نیتروژن، افزایش فعالیت بیولوژیک و بهبود ساختمان خاک بیان کردند. همچنین آرانکون و همکاران (Arancon et al., 2004) تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را به افزایش جمعیت میکروبی خاک و تولید مواد محرک رشد مانند هورمون‌های گیاهی توسط آن‌ها که ناشی از فعالیت کرم‌های خاکی در ورمی‌کمپوست است نسبت دادند.

در شرایط عدم تنش، کاربرد کودهای زیستی و آلی در مقایسه با شاهد بدون مصرف کود، عملکرد دانه بیشتری داشت، به طوری‌که عملکرد دانه در تیمارهای فسفونیتروکارا به همراه کود شیمیایی و فسفونیتروکارا توأم با ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم مصرف کود به ترتیب حدود 13 و 27 درصد بیشتر بود (شکل 3). وجود ریزجانداران مفید تثبیت‌کننده نیتروژن و حل‌کننده فسفات در کود زیستی و همچنین قدرت نگهداری آب و وجود آنزیم‌ها و هورمون‌های مؤثر در رشد و عملکرد گیاه در کود آلی ورمی‌کمپوست منجر به افزایش جذب عناصر موجود در خاک توسط گیاه و پاسخ بهتر و عملکرد بیشتر در تیمارهای مذکور در مقایسه با عدم مصرف کود شد (Arancon et al., 2004؛ Rigi & Ronaghi, 2003).

در بررسی تأثیر تنش آبی و کاربرد کود فسفره بیولوژیک در گلرنگ، حداقل عملکرد دانه تحت تأثیر تنش آبی در مرحله گلدهی به دست آمد که حدود 27 درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. مقایسه متوسط عملکرد دانه بین تیمارهای مختلف فسفر نشان داد که 25 و 50 درصد فسفر توصیه شده به علاوه کود زیستی و آبیاری کامل بیشترین عملکرد را در پی داشت (Sanoie et al., 2013).



شکل 3- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 3- Effect of chemical and bio-fertilizer on sunflower seed yield under irrigation levels

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم‌آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

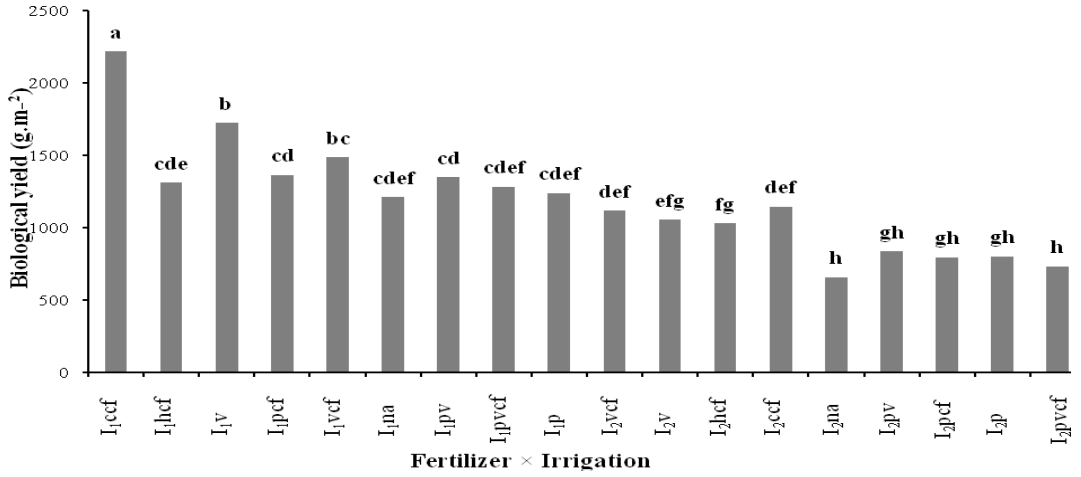
(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using Duncan multiple range test (DMRT).

در مطالعات جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) نیز عملکرد دانه آفتابگردان در شرایط تنش و عدم تنش آبی با کاربرد *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به همراه کود نیتروژنی پیشنهاد شده در مقایسه با شاهد بدون مصرف کود بیشتر بود به طوری‌که بیشترین میانگین افزایش عملکرد بذر با 26/4 درصد در تیمار مایه‌زنی به همراه 75 درصد نیتروژن پیشنهاد شده به دست آمد.

عملکرد بیولوژیک: سطوح آبیاری و تیمارهای کودی به طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را تحت تأثیر قرار دادند، همچنین برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 2). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین آبیاری بهینه و تنش کم‌آبی تفاوت قابل توجهی وجود داشت، به طوری‌که عملکرد بیولوژیک در آبیاری بهینه (1463/59 گرم در مترمربع) در مقایسه با تنش کم‌آبی (906/19 گرم در مترمربع) 38 درصد بیشتر بود. نتایج حاکی از آن بود که میان سیستم‌های گوناگون کودی نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت و کاربرد کودها، عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با عدم مصرف هر گونه کود افزایش داد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (1679/83 گرم در مترمربع) با مصرف کامل میزان کود شیمیایی توصیه شده به دست آمد (جدول 3). مقایسه میانگین اثر متقابل تنش کم‌آبی با سیستم‌های گوناگون تغذیه نشان داد که در شرایط آبیاری بهینه بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار کاربرد کود شیمیایی توصیه شده به دست آمد (شکل 4). در شرایط تنش کم‌آبی نیز بیشترین عملکرد بیولوژیک به تیمار کاربرد کود شیمیایی توصیه شده تعلق داشت اما با تیمارهای کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و نیمی از کود شیمیایی توصیه شده، ورمی‌کمپوست و مصرف نیمی از کود شیمیایی توصیه شده تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 4). ریگی و رونقی (Rigi & Ronaghi, 2003) نیز بیان نمودند که ورمی‌کمپوست دارای آنزیم‌ها، هورمون-های رشد و مقادیر زیادی از عناصر غذایی به صورت قابل دسترس برای گیاه است و در افزایش رشد و تولید ماده خشک محصولات مختلف تأثیر به سزایی دارد.



شکل 4- تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سطوح آبیاری و تغذیه‌ای

Fig. 4- Effect of chemical and bio-fertilizer on sunflower biological yield under irrigation levels

(I_1: آبیاری بهینه، I_2: تنش کم آبیاری، Ccf: 100 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Hcf: 50 درصد کود شیمیایی پیشنهاد شده، Na: عدم مصرف کود، V: ورمی‌کمپوست، P: فسفونیتروکارا، Pv: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست، Pcf: فسفونیتروکارا+ 50 درصد کود شیمیایی، Vcf: ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی و Pvcf: فسفونیتروکارا+ ورمی‌کمپوست+ 50 درصد کود شیمیایی)

(I_1: Optimum irrigation, I_2: Deficit irrigation, Ccf: 100% of the recommended chemical fertilizer, Hcf: ½ Proposed fertilizer, Na: No fertilizer, V: Vermicompost, P: Phospho nitro kara, Pv: Phospho nitro kara+ Vermicompost, Pcf: Phospho nitro kara+ ½ Chemical fertilizer, Vcf: Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer and Pvcf: Phospho nitro kara+ Vermicompost+ ½ Chemical fertilizer)

میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters, are not significantly different at 5% probability level- using Duncan multiple range test (DMRT).

همچنین کاوندر و همکاران (Cavender et al., 2003) گزارش کردند که کود ورمی‌کمپوست از طریق تحریک فعالیت ریزجانداران مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به ویژه نیتروژن به گیاه، موجب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. در مطالعات پیرسته انوشه و همکاران (Pirasteh Anousheh et al., 2010) نیز عملکرد بیولوژیک آفتابگردان در سطوح بدون تنش یا تنش خفیف در تیمار کودهای شیمیایی بیشتر بود، ولی در تیمارهایی که سطوح تنش بیشتری اعمال شده بود، عملکرد بیولوژیک بوته‌ها با مصرف کود زیستی زیادتر بود. آن‌ها علت این امر را حفظ آب و بهبود شرایط فیزیکی خاک به علت توانایی بالای سوپرجاذب استفاده شده در نگهداری آب دانستند. همچنین در آزمایشات کومار و همکاران (Kumar et al., 2005)، عملکرد بیولوژیک سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در اثر کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش یافت. آنان اظهار داشتند که ورمی‌کمپوست از طریق بهبود جذب آب و عناصر غذایی می‌تواند سبب افزایش فتوسنتز و عملکرد بیولوژیک گردد. جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) نیز گزارش کردند که در همه رژیم‌های آبیاری بیشترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان با کاربرد ریزجانداران مفید به همراه کود شیمیایی به دست آمد.

شاخص برداشت: سطوح آبیاری و تیمارهای گوناگون تغذیه‌ای تأثیر معنی‌داری بر روی صفت شاخص برداشت آفتابگردان داشتند (جدول 2). شاخص برداشت در کاربرد بهینه آب تقریبا 20 درصد بیشتر از تیمار تنش آبی بود (جدول 3). تنش کم‌آبی از طریق کاهش تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه باعث افت شاخص برداشت شد. علت کاهش شاخص برداشت، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش کمبود آب بود. بیشترین میزان شاخص مذکور به کاربرد توأم ورمی‌کمپوست با کود شیمیایی (30/83 درصد) تعلق داشت (جدول 3).

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که عملکرد آفتابگردان تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و کودی قرار گرفت. بالاترین عملکرد دانه در شرایط آبیاری بهینه با کاربرد کامل کود شیمیایی به دست آمد، در حالی‌که در شرایط تنش کم‌آبی بیشترین عملکرد به کاربرد توأم ورمی‌کمپوست به همراه نیمی از کود شیمیایی پیشنهاد شده تعلق داشت. افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد بستری مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی و تولید ماده خشک و در نهایت بهبود عملکرد را فراهم می‌آورد. هر چند کودهای شیمیایی نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی دارند، اما باعث افزایش مشکلات زیست‌محیطی می‌گردند. کودهای زیستی نیز به تنهایی نمی‌توانند جهت تولید پایدار کشاورزی مفید واقع شوند. به طور کلی در بیشتر موارد کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی می‌تواند راهکاری در راستای رسیدن به کشاورزی پایدار، کاهش آلودگی منابع آب و خاک، بهبود شرایط فیزیکوشیمیایی خاک و تولید محصولی با کیفیت و ارزش غذایی بالا محسوب گردد.

منابع

1- Akbari, P., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, S.A.M. 2009. Effects of different nutrition systems (organic, chemical and integrated) and bio-fertilizer on yield and other growth traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Sustinable Agriculture and Prodution Science 1: 84-93. (In Persian with English Summary)

2- Aleyar, H., and Shekari, F. 2000. Oilseeds. Agriculture and Physiology. Iran, Tabriz, Amidi Publication, Tabriz, Iran p. 182. (In Persian)

3- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy p. 300.

4- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

5- Blum, A. 1997. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: Belhassen, I. (Eds.), drought tolerance in higher plants: Genetical, physiological, and molecular biological analysis. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands p. 57-70.

6- Bremness, L. 1999. Herbs. Eyewitness Handbook, London p. 176.

7- Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.
8- Chimenti, C.A., Pearson, J., and Hall, A.J. 2002. Osmotic adjustment and yield maintenance under drought in sunflower. Field Crops Research 75: 235-246.
9- Daneshian, J., and Jabbari, H. 2009. Effect of limited irrigation and plant density on morphological characteristics and grain yield in a dwarf sunflower hybrid (CMS26 × R103) as second crop. Iranian Journal of Crop Science 10(40): 377-388 (In Persian with English Summary)
10- Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy p. 181.
11- Gharib, F., moussa, L.A., and Massond, O.N. 2008. Effect of compost and biofertilizer on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Marjorana hortensis*) plant. International Journal of Agriculture and Biology 10(4): 381-387.
12- Goksoy, A.T., Demir, A., Turan, O.Z.M., and Dagustu, N. 2004. Responses of sunflower to full and limited irrigation at different growth stages. Filed Crops Research 87: 167-178.
13- Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A., and Balota, E.L. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeriro e milho em monoculture consorcio. Pesquisa Agrogecuaria Brasileira 32: 807-818.
14- Jalilian, J., Modarres-Sanavya, S.A.M., Saberalia, S.F., and Sadat-Asilan, K. 2012. Effects of the combination of beneficial microbes and nitrogen on sunflower seed yields and seed quality traits under different irrigation regimes. Field Crops Research 127: 26-34.
15- Jiang, D., and Hengsdijk, H. 2006. Long-term effects of manure and inorganic fertilizers on yield and soil fertilityfor a winter wheat-maize system in Jiangsu, China. Soil Science Society of China 16: 25-32.
16- Kumar, S., Rawat, C.R., Dhar, S., and Rai, S.K. 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agricultural Sciences 75(6): 340-342.
17- Nanjappa, H.V., Ramachandrappa, B.K., and Mallikarjuna, B.O. 2001. Effect of integrated nutrient management on yield and nutrient balance in maize (*Zea mays* L.). Indian Journal of Agronomy 46(4): 698-701.
18- Pant, A., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., and Arancon, N.Q. 2011. Effects of vermicompost Tea (*Aqueous extract*) on Pak Chio yield, quality, and on soil biological properties. Compost Science and Utilization 19(4): 279-292.
19- Pirasteh anousheh, H., Imam, Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. Journal of Agroecology 2(3): 492-501. (In Persian with English Summary)
20- 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.
21- Rezvani Moghaddam, P., Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., and Nejad Ali, A. 2010. Effect of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil of fennel (*Foenicum vulgare* Mill.). 6th Conference on Aromatic and Medicinal Plants of Southeast European Countries, Antalya , Turkey, 18-22 April 2010, p. 966-975.
22- Roesty, D., Gaur, R., and Johri, B.N. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial. Community structure in rain-fed wheat fields, Journal of Plant Science 38: 1111-1120.
23- Rigi, M.R., and Ronaghi, A. 2003. Greenhouse evaluation of the effects of vermicompost with or without nitrogen on the growth and chemical composition of corn. Congress of Soil Science Iran, Rasht, Iran. (In Persian)
24- Roy, D.K., and Singh, B.P. 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian Journal of Agronomy 51(1): 40-42.
25- Saleh Rastin, N. 2001. Bio-fertilizers and their role in order to reach to sustainable agriculture. A compilation of papers of necessity for the production of biofertilizers in Iran, p. 1-54. (In Persian)
26- Sanoie, A., Nasri, M., and Ghooshchi, F. 2013. Effects of water stress and application of bio-fertilizer phosphorus on agronomic traits of safflower varieties (*Carthamus tinctrius* L). Annals of Biological Research 4(3): 183-186.
27- Sharma, A.K. 2002. Bio-fertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications.
28- Tomati, U., Grappelli, A., Galli, E. 1988. The hormone- like effect of earth worm casts on plant growth. Biology and Fertility of Soils 5: 288-294.
29- Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as bio-fertilizer. Plant and Soil 255: 571-586.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 107-119

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 119-107

The Effect of Chemical, Biological and Organic Nutritional Treatments on Sunflowers Yield and Yield Components under the Influence of Water Deficit Stress

F. Soleymani[1], G. Ahmadvand[2*] and A.A. Safari Sanjani[3]
Submitted: 13-06-2015
Accepted: 11-11-2015

Soleymani, F., and Ahmadvand, G. 2016. The effect of chemical, biological and organic nutritional treatments on sunflowers yield and yield components under water deficit stress. Journal of Agroecology 8(1): 107-119.

Introduction

To achieve the higher economic yield of crop plants, supplying enough nutrients to plants is very important. Moreover, nutrient uptakes by plants is influenced by the soil water contents. However, nowadays chemical fertilizer application is important agronomic factor that has significant effects on growth and quantity and quality of final yield, but traditional nutrient management and excessive use of chemical fertilizers may cause the environmental problems such as contamination of soil and water resources, low quality of agricultural products and reduction of soil fertility. These factors have drawn attention to health and ecological sustainable farming systems (Sharma, 2002). In this context, usage of organic and biological products for plant nutrition is considered as one of the solutions to achieve the goals of sustainable agriculture.

Materials and methods

To evaluate the effect of various feeding systems on yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under the influence of water deficit stress, a split-plot experiment based on randomized complete block design with three replications, was carried out in the Agricultural Faculty of Bu-Ali Sina University during the growing season of 2013-2014. Main plots consisted of two irrigation levels: optimum irrigation and deficit irrigation stress (irrigation after 60 and 120 mm evaporation from evaporation pan, class A, respectively) and sub-plots included of nine nutrition systems: 1- no bio or chemical fertilizer application, 2- 100% of the recommended chemical fertilizer , 3- vermicompost, 4- phospho nitro kara, 5- vermicompost+ phospho nitro kara, 6- vermicompost+ ½ chemical fertilizer, 7- phospho nitro kara+ ½ chemical fertilizer, 8- vermicompost+ phospho nitro kara+ ½ chemical fertilizer, 9- ½ proposed chemical fertilizer. Phospho-nitro-kara which contains phosphate solubilizing and nitrogen fixing bacteria (Bacillus coagulans, azotobactr chroocuccum and Azospirilium lipoferum) was impregnated with seeds. Vermicompost was mixed with the soil before planting based on the recommendation of the producer company (15 $t.ha^{-1}$). After determining evapotranspiration of the reference plant (ET_0) by FAO- Penman-Monteith method and crop coefficients (K_c) in different stages of crop growth, plant water requirement was determined (Allen et al., 1998). Finally, the irrigation water volume was estimated according to the effective rainfall, irrigation efficiency (60%) and 45% depletion of soil moisture in the root zone (Doorenbos & Kassam, 1979).

Results and discussion

Water deficit stress and nutrient treatments significantly affected all measured traits except the harvest index. Water deficit stress significantly reduced head diameter by 24% in comparison with optimum irrigation. The maximum diameter (17.03 cm) was obtained in vermicompost treatment. One thousand seed weight of sunflower under optimum irrigation was 1.3 times as much as water deficit treatment. Combined treatment of vermicompost and half of recommended chemical fertilizer yielded maximum 1000- seed weight (56.67 g). Under optimum irrigation, the highest weight of the head was achieved from 100% chemical fertilizer application, while under water stress, maximum head weight (830.67 g) was obtained in vermicompost treatment and the minimum value (485.33 g) was obtained from chemical fertilizer + vermicompost + phospho nitro kara. In both irrigation levels, the highest biological yield was obtained from full application of chemical fertilizer, but this treatment in stress condition did not have significant difference with combined application of vermicompost

1, 2 and 3 - PhD Student Crop Physiology of Agronomy, Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

and half of chemical fertilizer, vermicompost and 50% of chemical fertilizer. 100% recommended chemical fertilizer in optimum irrigation, had a maximum grain yield (693.67 $g.m^{-2}$).

Organic fertilizers by increasing soil organic matter, improving soil chemical properties such as pH and CEC, increasing the activity of microorganisms and nutrient accessibility led to increase soil fertility. In this study, especially under stress condition, it was observed that vermicompost by increasing water holding capacity and nutrients availability, improvement of plant growth, increasing assimilation and transmission of assimilates to seeds, led to increase the economic yield of sunflower.

Conclusion

In conclusion, although chemical fertilizers play an important role in enhancement of crop yield, though may cause some environmental problems too. In addition,biological fertilizers alone can not provide nutrient requirements of crops. Generally, in order to achieve sustainable agriculture, especially under the influence of water stress condition, it seems that reduction of chemical fertilizers and replacing them with vermicompost can be an effective method.

Keywords: Phospho nitro kara, Sustainable agriculture, Vermicompost, Water deficit stress

References

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. FAO, Rome, Italy p. 300.

Doorenbos, J., and Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome, Italy p. 181.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 133-120

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 120-133

ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در شهرستان تربت‌حیدریه

فریبا زرقانی[1]، علیرضا کریمی[2*]، رضا خراسانی[2] و امیر لکزیان[3]

تاریخ دریافت: 1394/04/28
تاریخ پذیرش: 1394/10/19

زرقانی، ف.، کریمی، ع.، خراسانی، ر.، و لکزیان، ا. 1395. ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در شهرستان تربت‌حیدریه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(1):

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.)، یکی از گیاهان مهم اقتصادی ایران و جهان است. استان‌های خراسان رضوی و جنوبی مهم‌ترین مناطق کشت زعفران در ایران هستند. با وجود اهمیت این گیاه، تاکنون پژوهش‌های اندکی درباره تأثیر ویژگی‌های خاک بر رشد این گیاه انجام شده است. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه‌های زعفران بود. برای این منظور، 30 نمونه بنه زعفران از مزارع سه تا پنج ساله شهرستان تربت‌حیدریه با مدیریت زراعی تقریباً مشابه و یکسان، در شهریور ماه 1391 جمع‌آوری گردید. همچنین، از خاک محدوده رشد بنه‌ها (عمق صفر تا 30 سانتی‌متر) نمونه‌برداری شد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل نیتروژن کل، فسفر فراهم، پتاسیم قابل استفاده، کلسیم، منیزیم، سدیم pH و هدایت الکتریکی در عصاره اشباع خاک، آهن، مس و روی قابل عصاره‌گیری با DTPA، کربن آلی خاک، کربنات کلسیم معادل و درصد ذرات شن و سیلت و رس خاک تعیین گردید. قطر و وزن تر و خشک بنه زعفران و مقدار کل آهن، مس و روی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که همبستگی بین ویژگی‌های خاک با قطر و وزن خشک بنه ضعیف بود که نشان‌دهنده وجود روابط غیرخطی بین ویژگی‌های رشدی بنه و ویژگی‌های خاک بود. به همین دلیل، از شبکه عصبی پرسپترون چند لایه، روابط بین پارامترهای خاک و بنه زعفران تعیین گردید. نتایج شبکه عصبی پیشنهادی حاکی از 94 درصد رابطه قطر بنه زعفران و 92 درصد رابطه وزن خشک بنه زعفران را با ویژگی‌های خاک بود. نتایج آنالیز حساسیت دو مدل شبکه عصبی نشان داد که هدایت الکتریکی، روی، نیتروژن، pH، فسفر، پتاسیم و درصد سنگریزه خاک مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر وزن خشک بنه و ویژگی‌های درصد شن، عنصر مس، درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، SAR، روی و فسفر خاک، به ترتیب، مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر قطر بنه زعفران بودند.

واژه‌های کلیدی: آنالیز حساسیت، شبکه عصبی، مدل‌سازی، وزن بنه

مقدمه

زعفران با نام عمومی Saffron و نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی علفی و چندساله از تیره زنبقیان[4] است. ارتفاع آن 10 تا 30 سانتی‌متر، دارای بنه سخت و مدور و توپر و تقریباً کروی شکل با قطر سه تا پنج سانتی‌متر و پوشیده از غشاهای نازک و قهوه‌ای رنگ است که در زیر خاک قرار می‌گیرد. تکثیر آن از طریق بنه[5] یا پیاز می‌باشد (Zargari, 1996). این گیاه نیمه‌گرمسیری دارای جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صادراتی ایران می‌باشد (Azizi Zehan et al., 2006). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی به دلیل دارا بودن شرایط آب و هوایی ویژه قطب عمده تولید این گیاه در کشور محسوب می‌شوند (Mollafilabi & Shoorideh, 2009)؛ به طوری‌که سطح زیر کشت زعفران در ایران در سال 1392 بالغ بر 84738 هکتار بود که بیش از 81477 هکتار آن مربوط به دو استان خراسان رضوی و جنوبی به ترتیب با مساحت 65222 و 16255 هکتار بود (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2013).

بنه نقش محوری در چرخه زندگی زعفران ایفا می‌کند، چون

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: karimi-a@um.ac.ir)

4- Iridaceae
5- Corm

منبع ذخیره مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه بعد از مرحله خواب و در مراحل اولیه رشد است (Alvarez-orti et al., 2004). مطالعات نشان داده است که رابطه نزدیکی بین اندازه بنه و گلدهی در زعفران وجود دارد (Molina et al., 2005). انتخاب و تهیه بنه زعفران برای زراعت این محصول، مهم است و کمیت و کیفیت محصول زعفران بستگی زیادی به کیفیت و ماهیت بنه آن دارد. با افزایش وزن بنه‌های کشت شده، بر تعداد گل‌ها افزوده می‌شود و استفاده از بنه‌هایی با وزن بیش از هشت گرم و قطر بیش از 2/5 سانتی‌متر برای حداکثر تولید توصیه می‌گردد (Kafi et al., 2002).

رشد و نمو زعفران، تحت تأثیر عوامل محیطی مانند جوان بودن بنه‌ها، قطر مناسب بنه‌ها، شرایط مناسب محیط کشت و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و حاصلخیزی آن می‌باشد و این عوامل، نقش اساسی در میزان عملکرد زعفران دارند (Aytekin et al., 2008). پژوهش‌های انجام شده درباره تأثیر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد زعفران نتایج متناقض را در پی داشته است. فرناندز (Fernandez, 2004) بیان کرده است که خاک رسی، یک خاک خوب برای رشد زعفران است، در حالی‌که ساماپاتو (Sampathu, 1984) گزارش کرده است که زعفران به یک خاک لوم- شنی که شخم مناسبی خورده و یا یک خاک رسی دارای زهکشی خوب نیاز دارد. خاک مزرعه زعفران بهتر است دارای ساختمان متوسط با نفوذپذیری خوب باشد. این گیاه در خاک‌های سیلیسی، رسی، آهن‌دار و گچی رشد مطلوبی دارد (Kafi et al., 2002). زعفران، زمین‌های حاصلخیز، غیرشور، با بافت متوسط (لومی، سیلتی، رسی- شنی) و آهکی که pH آن‌ها 8-7 باشد را بر زمین‌های شور، فقیر، مرطوب و زه‌دار، سبک (شنی و شنی- رسی) و اسیدی ترجیح می‌دهد. بنابر عقیده کشاورزان زعفران‌کار قائن، باید خاک زمین زعفران، دارای یک قشر نسبتاً قطوری از خاک رس رسوبی و بدون سنگ و سنگریزه باشد (Behnia, 1991). زعفران به خوبی در خاک‌های شور می‌تواند رشد کند، در حالی‌که کمبود کربنات کلسیم، یک عامل محدودکننده، می‌باشد (Mollafilabi, 2004). خصوصیات فیزیکی خاک به ویژه بافت خاک بر تمامی ویژگی‌های رشدی گیاه زعفران تأثیرگذار است (Rezvani Moghaddam et al., 2014)؛ بافت خاک با تأثیر بر میزان گسترش ریشه و جذب آب و مواد غذایی، وضعیت رشدی و تغذیه‌ای گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و نقش به سزایی در رشد و نمو بنه‌ها دارد (Dole & Wilkins, 1999). برخی محققان عقیده بر رشد مناسب‌تر زعفران در خاک‌های سبک و غنی از مواد آلی دارند (Gresta et al., 2009).

برای بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک بر رشد گیاهان، می‌توان به دو روش عمل کرد. روش اول که بیشتر مرسوم است، بررسی تأثیر ویژگی‌های خاک و به ویژه تیمارهای تغذیه‌ای در شرایط کنترل شده در کرت‌های آزمایشی یا گلدانی است. روش دیگر، بررسی رشد گیاهان در شرایط طبیعی و تعیین عوامل مؤثر بر رشد، در دامنه وسیعی از تغییرات ویژگی‌های خاک است که از تکنیک‌های گوناگونی مانند رگرسیون چند متغیره[1]، شبکه‌های عصبی[2] مصنوعی و رج‌بندی[3] استفاده می‌شود.

رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2015) با بررسی اثر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک بر ویژگی های مورفولوژیکی و عملکرد زعفران گزارش نمودند که اثر بافت های مختلف خاک بر کلیه خصوصیات عملکرد بنه و گل زعفران معنی دار بود؛ به طوری که بیشترین و کمترین عملکرد زعفران برای بافت های لوم شنی و رسی به دست آمد. این محققان مهمترین عوامل شیمیایی خاک مؤثر بر وزن خشک کلاله را بر اساس آنالیز رگرسیون گام به گام شامل محتوی پتاسیم قابل دسترس، فسفر قابل دسترس، هدایت الکتریکی و نیتروژن کل معرفی نمودند. همچنین ضرایب همبستگی مدل‌های رگرسیونی خصوصیات خاک با وزن خشک بنه، تعداد گل، وزن تر گل و وزن خشک کلاله زعفران به ترتیب برابر با 0/84، 0/87، 0/90 و 0/89 محاسبه گردید. در تحقیق انجام شده توسط عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2013) اثر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و سن مزرعه بر ویژگی‌های زراعی زعفران مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تغییرات عملکرد گل و کلاله به طور معنی‌داری با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل بافت، EC و pH خاک مرتبط بود. همبستگی منفی معنی‌داری بین درصد رس خاک با تعداد بنه، وزن خشک بنه، عملکرد گل و کلاله زعفران در واحد سطح مشاهده شد. با توجه به اهمیت خاک در رشد زعفران، تعیین آن دسته از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مؤثر بر رشد گیاه می‌تواند به مدیریت و افزایش عملکرد کمک کند. شهرستان تربت‌حیدریه یکی از مناطق مهم زعفران‌کاری در ایران است، ولی از ویژگی‌های خاک‌های مناطق زعفران‌کاری و تأثیر آن بر

1- Multiple regression
2- Neural networks
3- Ordination

رشد بنه‌های زعفران اطلاعات کافی در دست نیست. هدف اصلی این پژوهش ارزیابی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه‌های زعفران و تعیین مهم‌ترین این ویژگی‌ها بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بر رشد بنه زعفران، تعداد 30 نمونه بنه زعفران از مزارع سه تا پنج ساله و خاک اطراف آن‌ها (عمق صفر تا 30 سانتی‌متر)، در اواخر شهریور ماه 1391، جمع‌آوری گردید. سعی شد که نمونه‌برداری به نحوی انجام شود که دامنه وسیعی از ویژگی‌های خاک را شامل شود و همچنین مزرعه‌های انتخابی از نظر مدیریتی تقریباً یکسان و مشابه باشند. مزارع نمونه‌برداری شده به نحوی انتخاب شدند که از نظر برخی عوامل مدیریتی شامل آبیاری غرقابی اول جهت فراهم نمودن امکان خروج گل‌ها و با مدار 10 تا 15 روز یک بار انجام، مقدار کود دامی مصرفی به میزان 30 تا 35 تن در هر هکتار و کود شیمیایی شامل 25 کیلوگرم در هکتار کود اوره و 25 کیلوگرم در هکتار کود فسفاته بود. نحوه کاشت، ردیفی و 5-4 بنه در هر چاله کشت شده بود. عملیات وجین و سله‌شکنی به صورت دستی و قبل از گلدهی و نوع مبارزه با علف‌هرز نیز در مزارع انتخابی دستی بود.

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، وزن و قطر بنه‌های زعفران اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که پوشش بنه‌ها به منظور یکسان بودن وضعیت برای تمام بنه‌ها، قبل از اندازه‌گیری وزن و قطر بنه حذف گردید. پس از قطعه قطعه کردن بنه‌ها و خشک کردن در آون با دمای 80 درجه سانتی‌گراد و به مدت 24 ساعت، برای انجام آزمایش‌های لازم، در پاکت‌های کاغذی نگهداری شدند. نمونه‌های خاک پس از خشک شدن در معرض هوا و کوبیده شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند و درصد سنگریزه آن‌ها تعیین گردید. آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل نیتروژن کل به روش کجلدال (Hess, 1971)، فسفر فراهم خاک به روش اولسن (Olsen et al., 1954)، پتاسیم قابل استفاده از روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم و سدیم در عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه شعله‌سنج[1]، کلسیم و منیزیم با استفاده از روش تیتراسیون با EDTA در عصاره اشباع خاک، (Page et al., 1982; Richard, 1954)، عناصر آهن، مس و روی به روش DTPA با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Lindsay & Norvel, 1978)، درصد کربن آلی خاک به روش تیتراسیون (Walkley & Black, 1934)، کربنات کلسیم معادل خاک به روش تیتراسیون، pH با استفاده از دستگاه pH متر الکترود شیشه‌ای در گل اشباع خاک، هدایت الکتریکی با استفاده از هدایت‌سنج الکتریکی در عصاره اشباع (Knudsen et al., 1982)، درصد ذرات شن و سیلت و رس خاک با استفاده از روش پیپت تعیین گردید (USDA-NRCS, 1996).

برای بیان روابط غیرخطی و پیچیده بین ویژگی‌های خاک و قطر و وزن خشک بنه زعفران، شبکه پرسپترون چند لایه در محیط نرم‌افزار Matlab نسخه 2014 اجرا شد.

نتایج و بحث

توصیف آماری پارامترهای اندازه‌گیری شده

در جدول‌های 1 و 2، توصیف آماری پارامترهای خاک و بنه زعفران آورده شده است. pH در دامنه 7/12 تا 7/75 متغیر است و در بین متغیرهای اندازه‌گیری شده خاک، دارای کم‌ترین ضریب تغییرات (دو درصد) بود. ایوبی و همکاران (Ayoubi et al., 2009) و شعبانی و همکاران (Shabani et al., 2011) نیز در مورد pH کم‌ترین ضریب تغییرات را در بین ویژگی‌های خاک به دست آوردند. ضریب تغییرات کربن آلی در این پژوهش از همه بیش‌تر و برابر 82 درصد بود. مقدار کربن آلی خاک از 0/04 تا 1/91 درصد متغیر بود. میانگین کربن آلی خاک 0/59 درصد به دست آمد که برای مناطق خشک طبیعی است و مقادیر بالای کربن آلی در خاک احتمالاً به دلیل افزودن کودآلی به خاک مزارع مورد مطالعه بوده است. بر اساس سیستم پیشنهادی ویلدینگ (Wilding, 1985) ضریب تغییرات پارامترهای خاک بیش از 35، 15 تا 35 و کمتر از 15 به ترتیب در سه کلاس زیاد، متوسط و کم، طبقه‌بندی می‌شوند. در میان ویژگی‌های خاک مورد بررسی در این مطالعه، ضریب تغییرات نیتروژن کل، فسفر و پتاسیم قابل استفاده، منیزیم، روی، درصد کربن آلی و درصد سنگریزه در کلاس زیاد و ضریب تغییرات کلسیم، سدیم، آهن، مس، کربنات کلسیم معادل، هدایت الکتریکی، SAR، درصد شن، سیلت و رس خاک در کلاس متوسط قرار گرفتند (جدول 1). تغییرات ویژگی‌های خاک، در هر منطقه به دلیل تغییرات عوامل خاک‌سازی و فرآیندهای ژئومورفیک[2] است.

1- Flame photometer

2- Geomorphic processes

جدول 1- توصیف آماری پارامترهای خاک

Table 1- Statistical description of soil parameters

ویژگی خاک Soil characteristics	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Average	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
نیتروژن کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total N ($mg.kg^{-1}$)	105	3797.5	1076.25	63
فسفر فراهم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$)	0.7	23.45	12.00	62
پتاسیم قابل استفاده (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	159.9	1299.9	274.7	78
کلسیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Soluble Ca ($mg.kg^{-1}$)	104	720	373.4	34
منیزیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Soluble Mg ($mg.kg^{-1}$)	72	465.6	214.4	39
سدیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Soluble Na ($mg.kg^{-1}$)	915.3	4939	3221.8	33
آهن قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) DTPA Fe ($mg.kg^{-1}$)	2.4	7.4	4.1	24
مس قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) DTPA Cu ($mg.kg^{-1}$)	1.2	2.2	1.6	15
روی قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) DTPA Zn ($mg.kg^{-1}$)	0.2	1.1	0.4	42
کربن آلی خاک (درصد) Soil organic carbon (%)	0.04	1.9	0.6	82
کربنات کلسیم معادل (درصد) Calcium carbonate equivalent (%)	4	16.9	12.6	22
هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) ECe ($dS.m^{-1}$)	0.9	2.6	1.7	28
اسیدیته pH	7.1	7.75	7.5	2
نسبت جذب سدیم SAR	1.7	7.9	5.2	31
شن (درصد) Sand (%)	15.4	47.6	36.1	24
سیلت (درصد) Silt (%)	29.9	64.9	43.6	25
رس (درصد) Clay (%)	11.7	27.7	20.5	19
سنگریزه (درصد) Gravel (%)	1.9	23.5	12.8	39

جدول 2- توصیف آماری پارامترهای بنه زعفران

Table 2- Statistical description of saffron corm parameters

ویژگی خاک Soil characteristics	حداقل Min	حداکثر Max	میانگین Average	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
قطر (میلی‌متر) Diameter (mm)	22.8	51.7	34.1	20
وزن خشک (گرم) Dry weight (g)	1.5	6.9	3.7	45
آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	5.4	19.9	11.4	39
مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)	14.5	436	224.4	47
روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	208	283	243.6	7
نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) N ($mg.kg^{-1}$)	113.5	267	176.7	17.5
فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P ($mg.kg^{-1}$)	2916.7	19600	12922.8	35
پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K ($mg.kg^{-1}$)	2445.8	4270.6	3528	12

در میان پارامترهای مورد بررسی در بنه زعفران، مس دارای کم‌ترین ضریب تغییرات (هفت درصد) و آهن دارای بیش‌ترین ضریب تغییرات (47 درصد) بودند (جدول 2). ضریب تغییرات آهن و وزن تر و وزن خشک بنه در کلاس زیاد، ضریب تغییرات نیتروژن، روی و قطر بنه در کلاس متوسط و ضریب تغییرات فسفر، پتاسیم و مس در کلاس کم دسته‌بندی شدند. بنه‌های زعفران را می‌توان به چهار گروه 4–2 گرم (بنه ریز)، 6–4 (بنه متوسط)، 8–6 (بنه درشت) و هشت گرم به بالا (خیلی درشت) تقسیم‌بندی نمود (Kafi et al., 2002). با توجه به وزن تر بنه، بنه‌های نمونه‌برداری شده زعفران در گروه‌های متوسط تا خیلی درشت طبقه‌بندی شدند. حداقل و حداکثر و میانگین وزن تر بنه، به ترتیب، 5/4، 19/89 و 11/40 به دست آمد (جدول 2).

همبستگی بین پارامترهای اندازه‌گیری شده

آزمون همبستگی برای بررسی نوع و میزان رابطه متغیرها استفاده می‌شود و ضریب همبستگی شاخصی است که جهت و مقدار رابطه بین دو متغیر را توصیف می‌کند. بر اساس یک تقسیم‌بندی کلی، همبستگی صفر تا 0/25 در کلاس ضعیف، 0/25 تا 0/5 در کلاس نسبتاً ضعیف، 0/5 تا 0/75 در کلاس نسبتاً قوی و 0/75 تا یک در کلاس قوی طبقه‌بندی می‌شود (Bhattacharya et al., 1977).

در این پژوهش، ضریب همبستگی بین پارامترهای بنه زعفران و ویژگی‌های خاک در کلاس‌های ضعیف و نسبتاً ضعیف طبقه‌بندی شدند. دو عامل می‌توان برای همبستگی خطی ضعیف و غیرمعنی‌دار بین ویژگی‌های خاک و قطر و وزن خشک بنه زعفران برشمرد؛ همبستگی ضعیف می‌تواند نشان‌دهنده وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها با یکدیگر باشد یا این ویژگی‌های مورد بررسی محدودیتی برای رشد زعفران ایجاد نمی‌کنند. پیرس و همکاران (Pierce et al., 1994) و کراچنکو و بولاک (Kravchenko & Bullock, 2000) نیز در مطالعات خود همبستگی اندکی بین پارامترهای حاصلخیزی خاک و عملکرد محصول گزارش کرده‌اند. بیش از حد کفایت 994 بودن ویژگی‌های مورد مطالعه یا تغییرات کم آن‌ها می‌تواند توجیه کننده همبستگی کم ویژگی‌های رشدی با ویژگی‌های خاک باشد. پیرس و همکاران (Pierce et al.,1994) در مطالعه‌ای که بر روی تغییرپذیری عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و عناصر غذایی در سه نوع خاک را در میشیگان بررسی و گزارش کردند که عملکرد ذرت، در خاک‌های مختلف بسیار متغیر بود ولی همبستگی کمی بین عملکرد و حاصلخیزی خاک دیده شد که دلیل آن را تأثیر عواملی غیر از ویژگی‌های خاک مانند ویژگی‌های توپوگرافیکی بر عملکرد بیان کردند. همبستگی ضعیف و غیرمعنی‌دار بین ویژگی‌های خاک و ویژگی‌های رشدی گیاه، می‌تواند حاکی از وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها و مؤلفه‌های مربوط به عملکرد باشد که ضریب همبستگی خطی قادر به تبیین آن نیست (Shabani et al., 2011).

مدل‌سازی ارتباط قطر و وزن خشک بنه زعفران با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

برای مدل‌سازی ارتباط بین قطر و وزن خشک بنه زعفران و ویژگی‌های خاک با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره باید فرض های 1- نرمال بودن متغیر وابسته، 2- خطی بودن روابط بین متغیرها، 3- همسانی واریانس‌ها و 4- عدم همبستگی خطاها، مورد بررسی قرار گرفته و تأیید شود (Bhattacharya & Johnson, 1977). در این تحقیق، برای بررسی نرمال بودن از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) استفاده گردید و مشخص شد متغیرهای قطر و وزن خشک بنه زعفران از نظر آماری دارای توزیع نرمال می‌باشند (جدول 3).

به منظور بررسی فرض دوم انجام رگرسیون، یعنی خطی بودن روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته، می‌توان از تجزیه واریانس (ANOVA)[1] رگرسیون استفاده کرد. چنان‌چه سطح معنی‌داری کمتر از پنج درصد باشد، فرض خطی بودن رابطه متغیرهای مستقل و وابسته تأیید می‌شود. با توجه به جدول تجزیه واریانس مدل‌های رگرسیونی، روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته ممکن است غیرخطی باشد (جدول‌های 4 و 5).

دراموند و همکاران (Drummond et al., 1955) عنوان نمودند که ماتریس‌های همبستگی، رابطه خطی عملکرد و هر یک از عوامل مؤثر بر آن را بیان می‌کنند. از این‌رو، به سبب وجود روابط غیرخطی و پیچیده بین عملکرد و عوامل زیاد تأثیرگذار بر آن، همبستگی می‌تواند منجر به اطلاعات نادرست و حتی گمراه کننده درباره این روابط شود. سادوت و همکاران (Sudduth et al., 1996) از شیوه‌های خطی در

1- Analysis of variance

یک مجموعه داده شامل چندین سال اطلاعات پستی و بلندی، خاک و عملکرد استفاده کردند و دریافتند که روش‌های خطی معمولاً در تقریب تغییرات مکانی عملکرد، حتی در مقیاس مزرعه که به نظر می‌رسد همگن باشد، دچار شکست می‌شوند. در مواردی که روابط بین داده‌ها غیرخطی، مبهم و ناشناخته است و تصویر روشنی از آن‌ها در دست نیست، روش شبکه عصبی مصنوعی در مقایسه با روش‌های متعارف مانند رگرسیون خطی چند متغیره، ابزاری توانمند برای حل مسئله است (Afsharharb, 2002). با توجه به همبستگی خطی پایین و غیرمعنی‌دار بین متغیرهای خاک و بنه زعفران، برای بیان روابط غیرخطی و پیچیده بین این پارامترها با یکدیگر، از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه استفاده گردید.

به منظور یکسان‌سازی داده‌ها پیش از آموزش شبکه عصبی، داده‌های ورودی به آن استاندارد شدند. سپس 60 درصد داده‌ها به منظور آموزش مدل، 20 درصد برای انجام فرآیند اعتبارسنجی و 20 درصد به عنوان داده‌های آزمون مدل انتخاب گردیدند. معماری شبکه عصبی مصنوعی حاصل در هر دو مدل، در جدول 6 نشان داده شده است.

جدول 3- ضرایب Z آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (K-S) برای ویژگی‌های قطر و وزن خشک بنه زعفران

Table 3- Z coefficients of Kolmogorov-Smirnov test (K-S) for diameter and dry weight of saffron corms

	وزن خشک بنه Corm dry weight	قطر بنه Corm diameter
ضریب Z Z coefficient	0.628	0.846
P-value	0.826	0.472

جدول 4- مدل رگرسیون قطر بنه زعفران با پارامترهای خاک

Table 4- Regression model of the saffron corm diameter with soil parameters

مدل Model	جمع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	F
رگرسیون Regression	754.8	17	44.4	0.89^{ns}
باقیمانده Residual	598.1	12	49.8	
کل Total	1352.9	29		

ns: غیر معنی‌دار

ns: non-significant

جدول 5- مدل رگرسیون وزن خشک بنه زعفران با پارامترهای خاک

Table 5- Regression model of the saffron corm weight with soil parameters.

مدل Model	جمع مربعات Sum of squares	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	F
رگرسیون Regression	49.9	17	2.9	1.12^{ns}
باقیمانده Residual	31.5	12	2.6	
کل Total	81.5	29		

ns: غیر معنی‌دار

ns: non-significant

جدول 6- خصوصیات بهترین ساختارهای شبکه عصبی مصنوعی برای مؤلفه‌های قطر و وزن خشک بنه زعفران

Table 6- The characteristics of the best structures of artificial neural network for diameter and weight of saffron corm

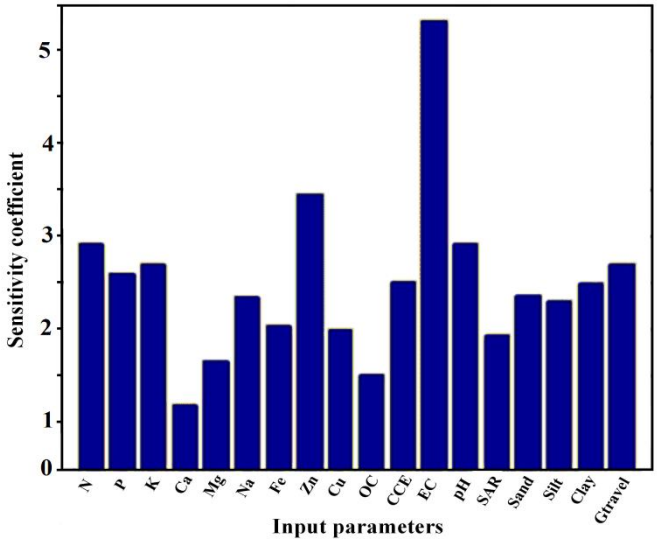
	تعداد نرون لایه پنهان Number of neurons in hidden layer	ساختار شبکه Structure of network	تابع انتقال Transfer function	تکرار Repetition	تعداد لایه پنهان Number of hidden layers
وزن خشک بنه Corm dry weight	21	18-21-1	Logsig	1000	1
قطر بنه Corm diameter	21	18-21-1	Logsig	1000	1

مقادیر خطا و میانگین مربعات خطا مدل وزن خشک بنه زعفران، به ترتیب 0/008 و 0/047 به دست آمد. در این مدل، شبکه عصبی 92 درصد تغییرات وزن خشک بنه زعفران را توجیه کرد. آنالیز حساسیت مؤلفه‌های وزن خشک و قطر بنه زعفران نسبت به متغیرهای ورودی با استفاده از روش Statsoft برای مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی انجام و مقادیر ضریب حساسیت متغیرها محاسبه گردید. بر اساس این روش اگر مقدار ضریب حساسیت یک متغیر بیشتر از یک باشد، آن متغیر سهم به سزایی در توضیح تغییرپذیری قطر و وزن خشک بنه زعفران دارد. نتایج تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی به در شکل 1 نشان داده شده است.

بر اساس این روش، ضرایب حساسیت نسبی بر اساس این روش برای همه پارامترهای مورد مطالعه بیش‌تر از یک به دست آمد. بنابراین، می‌توان عنوان کرد که هر کدام از این پارامترها تأثیر معنی‌داری بر دقت پیش‌بینی مدل‌های به دست آمده به وسیله شبکه عصبی داشتند و نمی‌توان هیچ کدام از پارامترها را در انجام فرآیند مدل‌سازی به وسیله شبکه عصبی مصنوعی از مجموعه متغیرهای ورودی حذف نمود. مقادیر پارامترهای هدایت الکتریکی، روی، نیتروژن، pH، فسفر، پتاسیم و درصد سنگریزه خاک به ترتیب مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر وزن خشک بنه زعفران بودند. هدایت الکتریکی خاک منطقه مورد مطالعه در محدوده 0/96 تا 2/60 متغیر می‌باشد. اسمدما و همکاران (Smedma et al., 2004) و ورهاون (Verhoeven, 1973) اعتقاد دارند اگر مقدار EC بین 2-0 دسی‌زیمنس بر متر باشد اثر شوری بر رشد گیاهان زراعی ناچیز است. در این دامنه از EC، بیش‌تر گیاهان زراعی دارای پتانسیل عملکرد بیش از 90 درصد می‌باشند (Maas, 1984; Ayers & Westcot, 1985). در تحقیق انجام شده در دو منطقه اسحق‌آباد و سلطان‌آباد شهرستان نیشابور، توسط عزیزی و همکاران (Azizi et al., 2013) رابطه خطی منفی بین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک و وزن خشک و تعداد بنه در واحد سطح (R^2=0/53) مشاهده شد. با افزایش املاح محلول در خاک و افزایش شوری خاک، تعداد و وزن خشک بنه روند کاهشی نشان داد. کاهش عملکرد گل و کلاله زعفران نیز با افزایش شوری خاک گزارش شد. نتایج به دست آمده از این مطالعه، رابطه همبستگی منفی و معنی‌داری (به ترتیب، R^2=0/53 و R^2=0/50) بین عملکرد گل و کلاله و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک را نشان داد. شاید دلیل این امر آن است که در شرایط شوری، بخشی از انرژی گیاه صرف مقابله با شرایط نامساعد محیطی می‌شود و به دنبال آن پتانسیل تولید گیاه کاهش می‌یابد (Azizi et al., 2013).

روی یکی از عناصر کم‌مصرف است که به مقدار کم، مورد نیاز گیاهان زراعی است و اهمیت آن در تولید محصولات زراعی در سال‌های اخیر افزایش یافته است. روی در متابولیسم گیاه، توسعه ریشه و در تشکیل نشاسته دخالت دارد. روی در گلدهی و میوه‌دهی تأثیر دارد و در شرایط کمبود روی، سرعت انجام این دو فرآیند کاهش می‌یابد (Fageria, 2009).

تاکنون مطالعه‌ای درباره اثر مقدار روی بر رشد زعفران انجام نشده است ولی با توجه به موارد گفته شده و نتیجه آنالیز حساسیت می‌توان گفت که روی در رشد بنه زعفران نیز تأثیر قابل توجهی دارد. نیتروژن، فسفر و پتاسیم مهم‌ترین عناصر غذایی ضروری و پرمصرف مورد نیاز گیاهان هستند که علاوه بر وظایف فیزیولوژیکی بسیار مهمی که در گیاهان به عهده دارند، در بهبود کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی نیز جایگاه ویژه‌ای به خود اختصاص داده‌اند. شاهنده (Shahandeh, 1989) پس از ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب و خاک در رابطه با عملکرد زعفران گزارش کرد که متغیرهای شیمیایی دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد، به ترتیب، میزان ماده آلی خاک، فسفر قابل استفاده، ازت معدنی و پتاسیم تبادلی بودند.



شکل 1- ضرایب حساسیت وزن خشک بنه زعفران

Fig. 1- Sensitivity coefficients of the dry weight of saffron corm

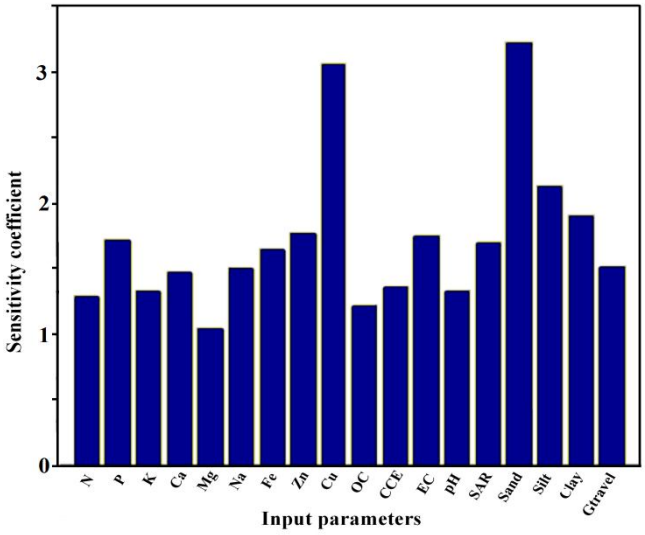
قاسمی (Ghasemi, 2001) نیز بیان کرد فسفر در تکمیل ذخایر بنه‌های زعفران دخالت دارد. pH خاک در منطقه مورد مطالعه در محدوده 7/12 تا 7/75 متغیر می‌باشد. دار (Dhar, 2000) معتقد است که خاک‌های به شدت اسیدی و قلیایی برای زعفران نامناسب هستند و pH خاک در محدوده 6/8 تا 7/8، مناسب در نظر گرفته شده است. عملکرد گل و کلاله زعفران، تحت تاثیر اسیدیته خاک می‌باشد. رابطه همبستگی مثبتی بین اسیدیته خاک و عملکرد گل و کلاله زعفران مشاهده شد. با افزایش اسیدیته خاک از 7/5 تا 7/8، عملکرد گل و کلاله روند افزایشی نشان داد (Azizi et al., 2013).

مقادیر خطا و میانگین مربعات خطا در مدل قطر بنه زعفران، به ترتیب 0/01 و 028/ بود. در این تحقیق، شبکه عصبی پرسپترون چند لایه 94 درصد تغییرات قطر بنه زعفران را توجیه کرد. تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که ویژگی‌های درصد شن، سیلت، رس، مس، هدایت الکتریکی، SAR، روی و فسفر خاک بیشترین تأثیر را بر قطر بنه زعفران داشتند (شکل 2). خصوصیات فیزیکی خاک از طریق ایجاد اثر متقابل گیاه با خاک، جذب آب و مواد غذایی، نفوذ ریشه‌ها، دمای خاک و فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکزی نقش قابل ملاحظه‌ای را در تولید محصول ایفا می‌نمایند. در بین خصوصیات فیزیکی خاک، بافت خاک بر ویژگی‌های رشدی گیاه، توسعه اندام‌های زیرزمینی به خصوص در گیاهان بنه‌ای و میزان نفوذ و نگهداری آب تأثیر به سزایی دارد (Gresta et al., 2008; Wuebker et al., 2001). نوع بافت خاک باعث تغییر در برابر فشردگی و مقاومت فیزیکی خاک می‌گردد (Khorramdel et al., 2014; Awadhwal & Thierstein, 1985). در خاک با بافت سبک‌تر، به دلیل این‌که اندام‌های زیرزمینی انرژی کم‌تری را جهت خروج برگ‌ها و گل‌ها از خاک مصرف می‌کنند (Khorramdel et al., 2014)؛ لذا بنه‌ها دارای انرژی ذخیره بیش‌تری هستند و قادر به تولید تعداد گل بیش‌تری نیز شده‌اند. نتایج گرستا و همکاران (Gresta et al., 2009) نیز حاکی از آن است که خاک‌های لومی و شنی باعث حصول حداکثر مقادیر عملکرد زعفران می‌گردد. به طور کلی، ذرات شن به علت اندازه درشت‌تر، باعث ایجاد خلل و فرج بزرگ‌تر و افزایش میزان نفوذپذیری خاک می‌گردد (Mahmoudabadi & Mazaheri, 2013). نتایج برخی مطالعات نشان داده است که گیاه زعفران به مواد غذایی فراوان احتیاج ندارد. خاک‌های کلسیم‌دار، برای رشد زعفران مناسب است و همچنین خاک‌های بسیار حاصلخیز به علت افزایش رشد سبزینه‌ای برای کشت زعفران مناسب نیست (Vatanpur Azghadi et al., 2003). آخوندی و حسینی (Akhondi & Hosseini, 2006) ارتباط ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را با عملکرد زعفران بررسی و گزارش کردند که عوامل مؤثر بر عملکرد زعفران شامل کلسیم، منیزیم، بر، آهن، درصد کربن آلی، درصد ازت کل و درصد شن و سیلت خاک و همچنین سن گیاه زعفران بوند، ضمن این‌که درصد نیتروژن و درصد کربن آلی و

شن و سیلت اثر قابل توجهی بر عملکرد زعفران داشت. اکرم و همکاران (Ikram et al., 2013) گزارش کردند که بافت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده خصوصیات رشدی و عملکرد گل در گیاهان غده‌ای محسوب می‌شود. خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2014) دریافتند که وزن خشک کلاله در بافت لوم- شنی به مراتب بیشتر از بافت رسی بود. برخی نتایج دیگر نیز نشان داد که بهبود وضعیت ساختمان خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک از طریق کاهش شستشوی پتاسیم، کلسیم و منیزیم بر عملکرد زعفران اثر مثبت داشت (Behdani et al., 2005).

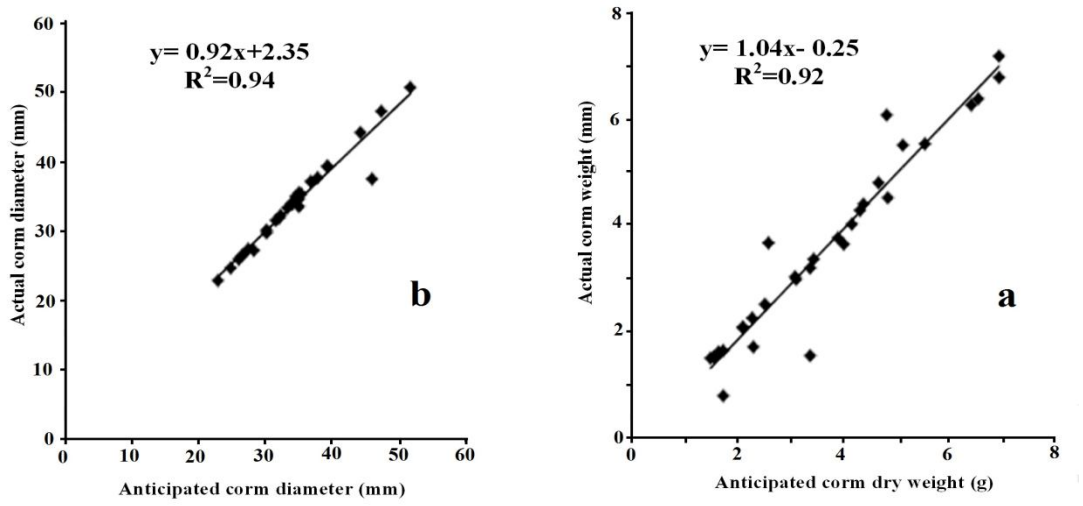
اکبرپور و همکاران (Akbarpour et al., 2013) با هدف توسعه و ارزیابی کارآیی مدل شبکه عصبی مصنوعی را در محاسبه عملکرد زعفران بر اساس پارامترهای اقلیمی بررسی و گزارش کردند که شبکه عصبی پیشنهادی با ضریب همبستگی 0/95 و میانگین مربعات خطا 0/2 از دقت مناسبی در تخمین عملکرد گیاه زعفران برخوردار بود. تحلیل حساسیت مدل شبکه عصبی نشان داد که عملکرد محصول زعفران، بیش‌ترین حساسیت را به عامل بارندگی، سپس دما و در نهایت رطوبت دارد. کائول و همکاران (Kaul et al., 2005) در بررسی پیش‌بینی عملکرد محصولات ذرت و سویا در منطقه مریلند آمریکا به این نتیجه رسیدند که شبکه‌های عصبی مصنوعی پیش‌بینی دقیق‌تری از عملکرد، نسبت به مدل‌های رگرسیونی ارائه می‌دهند.

مقادیر مشاهده شده در برابر مقادیر پیش‌بینی شده قطر و وزن خشک بنه زعفران توسط شبکه عصبی مصنوعی در شکل‌های 3- الف و ب نشان داده شده است. هر چه ضریب تبیین از مقدار بالاتری برخوردار باشد، نشان‌دهنده دقت بالاتر مدل است (Shabani et al., 2011). همان‌گونه که در شکل 4 مشاهده می‌شود، 92 درصد تغییرپذیری وزن خشک بنه و 94 درصد تغییرپذیری قطر بنه ناشی از ویژگی‌های خاک مورد بررسی بود. به ترتیب هشت و شش درصد تغییرات تبیین نشده وزن خشک و قطر بنه زعفران، می‌تواند ناشی از سایر عوامل از جمله پارامترهای اقلیمی، سن مزرعه، تراکم بنه و غیره باشد. با توجه به نتایج این پژوهش، شبکه عصبی پیشنهادی نسبت به مدل رگرسیون خطی چند متغیره، مدلی مناسب‌تر برای پیش‌بینی وزن خشک و قطر بنه زعفران بود. به طور کلی، به نظر می‌رسد که کاربرد شبکه عصبی پرسپترون چند لایه می‌تواند زمینه ارتقای عملکرد محصول زعفران را در شرایط خاک منطقه مورد مطالعه فراهم نماید.



شکل 2- ضرایب حساسیت قطر بنه زعفران

Fig. 2- Sensitivity coefficients of the diameter of saffron corm



شکل 3- رابطه خطی بین ویژگی‌های پیش‌بینی شده و مشاهده شده بنه زعفران الف) وزن خشک بنه و ب) قطر بنه

Fig. 3- Linear relationship between the observed and predicted characteristics of the saffron corm a) corm dry weight, and b) corm diameter

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که وزن و قطر بنه‌های زعفران، همبستگی معنی‌داری با ویژگی‌های خاک نداشتند. این عدم همبستگی می‌تواند به دلیل تأثیر متقابل ویژگی‌های خاک بر رشد بنه‌های زعفران باشد که باعث رابطه بین قطر و وزن بنه با ویژگی‌های خاک غیرخطی شده بود. به همین دلیل، از شبکه‌های عصبی که قابلیت در نظر گرفتن روابط غیرخطی را دارد استفاده شد. نتایج آنالیز شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که هدایت الکتریکی، روی، نیتروژن، pH، فسفر، پتاسیم و درصد سنگریزه خاک مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر وزن خشک بنه زعفران و ویژگی‌های درصد شن، عنصر مس، درصد سیلت، درصد رس، هدایت الکتریکی، SAR، روی و فسفر خاک، به ترتیب، مهم‌ترین ویژگی‌های مؤثر بر قطر بنه زعفران بودند. مدل شبکه‌های عصبی مصنوعی به دلیل در نظر گرفتن روابط غیرخطی موجود میان عوامل محیطی و مؤلفه‌های عملکرد و به دنبال آن افزایش دقت در برآورد پیش‌بینی‌ها، می‌توانند جایگزین مناسبی برای مدل‌های مرسوم رگرسیونی در مدل‌سازی مؤلفه‌های عملکرد باشند. پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی برای بررسی جامع‌تر و دقیق‌تر تغییرات شاخص‌های عملکرد زعفران در منطقه، علاوه بر ویژگی‌های خاک، پارامترهایی از جمله پارامترهای اقلیمی، سن مزرعه زعفران، تراکم بنه و عوامل مدیریتی متفاوت و سایر پارامترهای خاک اندازه‌گیری نشده نیز در مدل‌سازی لحاظ شود. هم‌چنین لازم است که این مطالعات بیشتری در این زمینه در سایر مناطق دیگر زعفران‌کاری انجام شود تا شناخت کامل‌تری از عوامل مؤثر بر رشد زعفران شناخت کامل‌تری حاصل شود.

منابع

AfsharHarb, A. 2002. Petroleum Geology, University of Payam Noor, Iran. (In Persian)

Alvarez-orti, M., Gomez-Gomez, L., Rubio, A., Escribano, J., Pardo, J., Jimenez, F., and Fernandez, J.A. 2004. Development and gene expression in saffron corms. Acta Horticulture 650: 141-148.

Awadhwal, N.K., and Thierstein, G.E. 1985. Soil crust and its impact on crop establishment: a review. Soil and Tillage Research 5: 289-302.

Ayers, R.S., and Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1, FAO, Rome 174 pp.

Ayoubi, S., Khormali, F., and Sahrawat, K.L. 2009. Relationships of barley biomass and grain yields to soil properties within a field in the arid region: Use of factor analysis. Acta Agriculture Scandinavica Section B -Soil and Plant Science 59: 107-117.

Aytekin, A., and Acikgoz, A.A. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.)

plants. Molecules 13: 1135-1146.

Azizi, E., Jahani Kondori, M., and Divan, R. 2013. The effect of soil physiochemical characteristics and field age on agronomic traits of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 5: 134-142. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and RezvaniMoghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Journal of Iranian Field Crops Research 3: 1-14. (In Persian with English Summary)

Behnia, M.R. 1991. Saffron, Botang, Cultivationand Production.Tehran University Publication 260 pp. (In Persian)

Bhattacharya, G.K., and Johnson, R.A. 1977. Statistical Concepts and Methods. John wiley and sons, New York, Santabarbara, London, Sydney, Toronto. xv 656 pp.

Dhar, A.K. 2000. Saffron: biology, utilization, agriculture, production and quality. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 22: 355-360.

Dole, J.M., and Wilkins, H.F. 1999. Floriculture principles and species. Prentice Hall 537-545.

Drummond, S.T., Sudduth, K.A., and Birrell, S.J. 1995. Analysis and correlation methods for spatial data. ASAE, 95-1335. St. Joseph, Mich, ASAE.

Fageria, N.K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. CRC press, Publisher Taylor and Francis Group, New York.

Fernandez, J.A. 2004. Biology, biotechnology and biomedicine of saffron. Research and Development in Plant Science 2: 127-159.

Ghasemi, A. T. 2001. Saffron: Red Gold of Iran. Nashr Ayandegan Publication. Iran 112 pp. (In Persian)

Gresta, F., Lombardo, G.M., and Avola, G. 2009. Saffron stigmas production as affected by soil texture. Proceeding of Third International Symposium on Saffron, 20-23 May, Krokus, Greece.

Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. a review. Agronomy for Sustainable Development 28: 95-112.

Hesse, P.R. 1971. A Text Book of Soil Chemical Analysis. John Murray. London.

Hosseini, M., and Akhondi, M. 2006. Relation of physico-chemical characteristics of saffron (*Crocus sativus* L.) soils to yield. 2nd International Symposium on Saffron Biology and Technology, 28 -30 October, Mashhad, Iran.

Ikram, S., Habib, U., and Khalid, N. 2012. Effect of different potting media combination growth and vase life of tuberose (*Polianthes tuberose* Linn.).Pakistan Journal of Agricultural Sciences 49: 121-125.

Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2013. Report on agronomic research for saffron. (On Published). (In Persian)

Kafi, M., RashedMohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban and Adab Press, 279 pp, Mashhad. (In Persian)

Kaul, M., Hill, R.L., and Walthall, C. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. Journal of Agricultural Systems 85: 1-18.

Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafori, A., and Esmaielpour, B. 2014. Evaluation of soil texture and polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. Journal of Saffron Research 1(2): 120-135. (In Persian with English Summary)

Knudsen, D., Peterson, G.A., and Pratt, P.F. 1982. Lithium, sodium and potassium p. 225-246. In: A.L. Page (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. America Society of Agronomy. Madison, WI.

Kravchenko, A.N., and Bullock, D.G. 2000. Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. Agronomy Journal 92: 75-83.

Lindsay, W.L., and Norvel, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper.

Maas, E.V. 1984. Salt Tolerance of Plants. The Handbook of Plant Science in Agriculture. BR Christie. CRC Press, Boca Raton, Florida.

Mahmoudabadi, M., and Mazaheri, M.R. 2012. Effect of some soil physical and chemical proprties on permeability in field conditions. Iranian of Irrigation and Water Engineering 2: 14-25.

Miao, Y., Mulla, D.J., and Robert, P.C. 2006. Identifying important factors influencing corn yield and grain quality variability using artificial neural networks. Precisoin Agriculture 7: 117-135.

Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture 103: 361-379.

Mollafilabi, A. 2004. Experimental finding of production and echo physiological aspects of saffron (*Crocussativus* L.). International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology. Albacete, Spain.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. 4th National Festival of Saffron, Khorasan-Razavi, Iran, 27- 28 October. (In Persian)

Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., and Dean, L.A. 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with

Sodium Bicarbonate; U.S. Department of Agriculture: Washington, D.C., USDA Circ. 939.

Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1982. Methods of Soil Analysis, part 2, Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of Aamerica, Madison, WI.

Pierce, F.S., Warncke, D.D., and Everett, M.W. 1994. Yield and nutrient variability in glacial soils of Michigan. p. 133-150. In P.C. Robert et al. (eds.). 2nd International Conference on Site-Specific Management for Agricultural Systems, Minneapolis, MN. 27-30. ASA, SSSA, and CSSA, Madison, WI.

Rezvani Moghaddam, P., Aghhavani Shajari, M., Koocheki, A., Fallahi, H.M., and Taherpour Kalantari, R. 2015. Evaluation of the effects of soil texture on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.). Saffron Agronomy and Technology 2: 311-322. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Khorramdel, S., Filabi, A. Evaluation of soil physical and chemical characteristics impacts on morphological criteria and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Saffron Research 3(2): 188-203. (In Persian with English Summary)

Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soil. USDA. Agriculture. Hand Book. No. 60.

Sampathu, S.R., Shivashankar, S., and Lewis, Y.S. 1984. Saffron (*Crocus sativus* L.): cultivation, processing, chemistry and standardization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 20: 123-157.

Shabani, A. 2011. Topographic and soil attributes effects on rainfed wheat yield in Sisab region, Northeastern Iran. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Shahande, H., and Mousavi, M. 1988. Evaluation of physical and chemical properties of soils in relation to water and saffron in Gonabad. Research Projects, Scientific Research and Industrial Organizations of Khorasan, Iran. (In Persian)

Smedma, L.K., Vlotman, W.F., and Rycroft, D. 2004. Modern Land Drainage: Planning, Design and Management of Agricultural Drainage Systems. Taylor and Francis 449 pp.

Sudduth, K.A., Drummond, S.T., Birrell, S.J., and Kitchen, N.R. 1996. Analysis of spatial factors influencing crop yield. In Proc. 3rd Int. Conf. on Precision Agriculture, 129-140. Robert, P.C., Rust, R.H., and Larson, W.E., Eds. Madison, Wisc: ASACSSA-SSSA.

USDA-NRCS. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report, No. 42. Version 3.0. Nebraska.

Vatanpur-Azghadi, A., and Mojtahedi, N. 2003. A review on application of tissue culture and biotechnology in saffron. Proceeding of 3rd National Congress on Saffron. 11-12th December, Mashhad, Iran. (In Persion)

Verhoeven, B. 1973. Salty soils. In ILRI, Drainage Principles and Application (Vol. 1). Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-37.

Wuebker, E.F., Mullen, R.E., and Koehler, K. 2001. Flooding and temperature effects on soybean germination. Crop Science 41: 1857-1861.

Wilding, L.P. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation, and implication to soil surveys. In Nielsen, D.R., and Bouma, J. (eds.), Soil Spatial Variability. Wageningen, Netherlands.

Zargari, A. 1996. Medicinal Plants. Volume 4, Tehran University publications. Iran. 103 pp. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 120-133

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 1، بهار 1395، ص. 133-120

To Evaluate the Effect of Soil Physical and Chemical Characteristics on the Growth Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.) Corms in Tornbat-e Heydariyeh Area

F. Zarghani[1], A. Karimi[2]*, R. Khorasani[2] and A. Lakzian[3]

Submitted: 19-07-2015
Accepted: 09-01-2016

Zarghani, F., Karimi, A., Khorasani, R., and Lakzian, A. 2016. Evaluation the effect of soil physical and chemical characteristics on the growth characteristics of Saffron (Crocus sativus L.) corms in Tornbat-e heydariyeh area. Journal of Agroecology 8(1):

Introduction

Saffron is one of the most economically important plants across Iran and all over the world. The most important cultivated areas of saffron are in Khorasan-e Razavi and Southern Khorasan provinces (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2013). The corm is the reservoir of photosynthetic materials and plays an important role in the saffron life cycle. Corm size and physicochemical characteristics of soil determine the growth and yield of saffron (Aytekin et al., 2008). It has been advised to use corms with diameter more than 2.5 cm (Kafi et al., 2002). Despite the importance of this plant, few studies have been conducted on the effects of soil characteristics on the growth of the plant in natural field conditions. Therefore, the objective which we will try to achieve is: to evaluate the effect of soil physical and chemical characteristics of the growth of saffron corm and determine the most important effect characteristics.

Materials and methods

In September 2012, 30 samples of 3 to 5 years old saffron corms were taken from the fields with similar management in Torbat Heydariyeh. The surrounding soil corms (depth of 0 to 30 cm) were sampled, too. Dry weight of corms was measured in the laboratory. Air dried soil samples were passed through a 2 mm sieve and used for physical-chemical analyses. Soil texture was determined by using pipet method. Total nitrogen, available phosphorous, available potassium, soil organic carbon and calcium carbonate equivalent were measured in bulk soil samples. Calcium, magnesium, sodium, EC and pH were measured in the saturated soil paste. Fe, Cu and Zn were extracted by DTPA and measured by atomic adsorption spectroscopy. Correlation, regression and neural network technique were used to analyze the data and to identify the most important soil characteristics on the corms characteristics.

Results and discussion

Diameter and dry weight of corms with mean values of 34.04 mm and 3.72 g, ranged from 22.8 to 51.7 mm and 1.5 to 6.98 g, respectively. Wet weight of the corms with an average of 11.4 g varied between 5.4 to 19.86 g that categorized in medium to very coarse classes. Soil characteristics showed wide range variability; therefore, the studied soils indicated suitable range of characteristic variables in this study. Calcium carbonate equivalent of soils was less than 17% with mean values of 12.75%. Mean values of EC and pH were 2.6 dS m^{-1} 7.75, respectively. The average of soil organic carbon was 0.59% which reached up to 1.91% due to the application of manure. Silt with mean value of 43.55% was the dominant fraction of the soils, while the highest content of clay and sand were 27.65 and 47.6%. The Average concentration of Fe, Cu and Zn were 4.3, 1.56 and 0.42 $mg.kg^{-1}$ respectively.

Weak correlation of soil characteristics with corms diameter and weight and the result of ANOVA regression models indicated that there is a non-linear relationship between growth characteristics of corm and soil characteristics. In such cases, regression analyses cannot explain the relationship between growth parameters and soil characteristics. Artificial Neural Network (ANN) has the ability to model the non-linear relationships. Therefore, the relationship between soil parameters and saffron corm were determined by ANN to find the relationship between soil characteristics and corm growth. Perceptron Multi-Layers Neural Network with arrangement of 1-21-18, explained the relationship of between corm diameter (R2=0.94, ME=0.01 and RMSE=0.028) and dry weight of saffron corm (R2=0.92, ME=0.008 and RMSE=0.047) with soil properties. The

1, 2 and 3- MSc Student, Associate Professor and Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: karimi-a@um.ac.ir)

proposed neural network explained 94% relationship of the saffron corm diameter and 92% relationship of the dry weight of saffron corm with soil characteristics. Sensitivity analysis indicated that electrical conductivity, Zn, N, pH, P, K and gravel percentage are the most effective characteristics on dry weight and sand, Cu, silt, clay, electrical conductivity, SAR, Zn and P, are the most important effective characteristics on the diameter of saffron corm.

Conclusion

The results of this study revealed that there is no significant correlation between diameter and weight of saffron corm and soil characteristics. Therefore, the ANN technique was used to determine the effective soil characteristics of corm growth parameters. Electrical conductivity, Cu, Zn, N, pH, P, K, SAR, gravel, sand, silt and clay are the most effective characteristics on corm growth. More researches should be conducted to understand, comprehensive relationship between soil characteristics and corm growth.

Keywords: Corm weight, Modeling, Neural network, Sensitivity analysis

References

Aytekin, A., and Acikgoz, A.A. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) plants. Molecules 13: 1135-1146.

Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2013. Report on agronomic research for saffron. (On Published). (In Persian)

Kafi, M., RashedMohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban and Adab Press, 279 pp, Mashhad. (In Persian)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۵۲-۱۳۴

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 134-152

مطالعه اثر تنش خشکی و برخی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی برکارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف در ارقام کلزا (*Brassica* spp. L.)

پویا آروین[1*] و جواد وفابخش[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۱۷

آروین، پ.، و وفابخش، ج. ۱۳۹۵. مطالعه اثر تنش خشکی و برخی باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهی برکارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف در ارقام کلزا (*Brassica* spp. L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، ۸(۱): ۱۵۲-۱۳۴.

چکیده

کارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد در ارقام کلزا متعلق به سه گونه کلزای معمولی (*Brasica napus* L.)، شلغم روغنی (*Brasica rapa* L.) و خردل وحشی (*Brasica juncea* L.) در شرایط تنش و عدم تنش خشکی و کاربرد نژادهای *سودوموناس* در دو آزمایش (شامل مزرعه تنش و عدم تنش) در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق مشهد در سال زراعی۹۰-۱۳۸۹، به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتورهای مورد بررسی در این دو آزمایش شامل: الف: فاکتور اول شامل، چهار سطح تلقیح با باکتری *سودوموناس* (تلقیح با" *سودوموناس فلورسنس Pseudomonas fluorescens*۱۶۹ "، "*سودوموناس پوتیدا P. putida* ۱۰۸"، مخلوط دو سویه و تیمار شاهد بدون تلقیح) و ب: فاکتور دوم شامل شش ژنوتیپ کلزا از سه گونه *براسیکا* که شامل Hyolla 330, Hyolla 401 متعلق به گونه *B. napus* و Parkland, Goldrush متعلق به گونه *B. rapa* و BP18, Landrace متعلق به گونه *B. juncea* بودند. نتایج تفاوت معنی‌داری در سطح رقم، باکتری و اثر متقابل باکتری در رقم در مورد صفت کارایی مصرف نور را نشان داد. باکتری *سودوموناس* فلورسنس در محیط بدون تنش بیشترین کارایی مصرف نور را با ۰/۰۷۱ ± ۰/۳۹ بر حسب گرم بر مگاژول و کمترین این مقدار مربوط به تلفیق دو نژاد باکتری در محیط تنش با ۰/۰۳ ± ۰/۲۱ گرم بر مگاژول حاصل شد. در سطح رقم، رقم هایولا ۳۳۰ در شرایط عدم تنش با ۰/۰۴۷ ± ۰/۴۵ گرم بر مگاژول بیشترین و رقم BP18 در شرایط تنش با ۰/۰۶ ± ۰/۱۱ گرم بر مگاژول کمترین این ضریب را نشان دادند. در سطح باکتری در رقم نیز باکتری *سودوموناس* فلورسنس در رقم گلدراش (B_2V_4) در محیط عدم تنش با ۰/۰۸ ± ۰/۶۲ گرم بر مگاژول بیشترین و تلفیق دو نژاد باکتری در رقم لندریس (B_1V_6) در محیط تنش با ۰/۰۱۷ ± ۰/۱۰۰ گرم بر مگاژول کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند. نتایج همچنین در مورد صفت کارایی مصرف نور نشان داد که ضرایب معادله‌ها در هر سه سطح (باکتری، رقم و باکتری در رقم) در شرایط عدم تنش بالاتر از محیط تنش بود. اثر متقابل باکتری در رقم و رقم در هر دو محیط تفاوت معنی‌داری را در مورد صفت ضریب تخصیص مواد به غلاف نشان دادند. در سطح باکتری در رقم، باکتری *سودوموناس* فلورسنس در رقم هایولا ۳۳۰ (B_2V_2) در محیط عدم تنش با ۰/۰۸ ± ۰/۹۳ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی بیشترین و تلفیق دو نژاد باکتری در رقم BP18 (B_1V_5) در محیط تنش با ۰/۰۲ ± ۰/۱۶ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی کمترین ضریب تخصیص را داشتند. نتایج مقایسه دو محیط در سطح رقم همچنین نشان داد که رقم هایولا ۴۰۱ در محیط عدم تنش با ۰/۰۳+۰/۶۲ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی بیشترین و رقم BP18 در محیط تنش با ۰/۰۵+۰/۲۷ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی کمترین ضریب تخصیص مواد به غلاف را داشتند. تنش خشکی از طریق اختلال در فعالیت‌های گیاهی و پروسه رشد، باعث کاهش معنی‌دار در مورد صفت ضریب تخصیص مواد به غلاف و کارایی مصرف نور شد. تلقیح باکتری به تنهایی اثر سینرژیک و تیمار تلفیق دو نژاد باکتری اثر آنتاگونیسمی بر صفت کارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف داشتند.

واژه‌های کلیدی: شلغم روغنی، خردل وحشی، نژادهای باکتری *سودوموناس*

مقدمه

یکی از دانه‌های روغنی که در کشور توجه بسیاری را به خود جلب کرده است و در طرح کاهش واردات روغن گیاهی نیز سهم فراوانی برای آن در نظر گرفته شده است، کلزا (*Brasica napus* L.) است. این محصول در میان دانه‌های روغنی در جهان مقام سوم را پس از سویا (*Glycine max* L.) و نخل روغنی (*Elaeis*

۱ و ۲- به ترتیب استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران و استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(*- نویسنده مسئول: Email: pooya.arvin@gmail.com)

(*guineensis* L.) در فرآوردهای روغن نباتی احراز کرده است (Arvin et al., 2009). ویژگی‌های خاص گیاه کلزا و سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور باعث شده است که توسعه کشت این گیاه به عنوان نقطه امیدی جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور و رهایی از وابستگی به شمار برود، به طوری‌که در حال حاضر کلزا نقطه ثقل طرح‌های افزایش تولید دانه‌های روغنی محسوب می‌گردد (Lotfali Ayeneh, 2012).

آب یکی از فاکتورهای محدودیت تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک است (Smith, 2000). کشور ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان واقع شده است و متوسط بارندگی آن ۲۵۰ میلی‌متر است که فقط یک سوم مقدار متوسط باران جهان است (Food and Agriculture Organization, 2007). شدیدترین اثر کمبود آب در مراحل ابتدایی رشد رویشی، کاهش سطح برگ است (Lambers et al., 2008). علت اصلی تنش آب در گیاهان افزایش میزان تلفات آب، یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است که بر اثر آن میزان تلفات آب ناشی از تعرق بر میزان جذب آن توسط ریشه‌ها پیشی گرفته و میزان تنش افزایش می‌یابد (Hajebi & Heydari Sharif Abad, 2005). موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2010) با بررسی اثر تنش کم‌آبی بر کارایی مصرف آب کلزا، میانگین کارآیی مصرف آب در شرایط تنش ۶/۶ کیلوگرم بر متر مکعب آب با مصرف ۳۴۱۲/۳ متر مکعب آب و در شرایط عدم تنش ۴/۵ کیلوگرم بر متر مکعب آب با مصرف ۴۶۱۲/۳ متر مکعب آب گزارش نمودند. همچنین بیشترین کارآیی مصرف آب مربوط به رقم هایولا ۴۰۱ با کارآیی۷/۴ کیلوگرم بر متر مکعب آب در شرایط تنش و کمترین مربوط به رقم گلد راش با کارآیی ۲/۶ کیلوگرم بر متر مکعب در شرایط عدم تنش بود. کارآیی مصرف آب در تولید روغن در ارقام مورد آزمایش تفاوت معنی دار داشت. این محققان همچنین بیان داشتند که رقم هایولا ۴۰۱ با ۰/۲۸ کیلوگرم روغن بر متر مکعب آب در شرایط عدم تنش بیشترین کارآیی و رقم بی پی ۱۸ با ۰/۰۶ کیلوگرم روغن بر متر مکعب آب در شرایط تنش کمترین کارآیی را داشت.

خشکی یکی از عمده‌ترین موانع برای تولید موفق محصولات زراعی است. عوامل مختلفی خشکی را ایجاد می‌کند که کمبود آب، پایین بودن رطوبت نسبی هوا، گرما، یخبندان و شوری از جمله آن‌ها است. ترکیب این عوامل منجر به ایجاد انواع خشکی می‌شود. این تنوع خشکی باعث ایجاد مکانیسم‌های مختلف تحمل در سطوح موجود زنده می‌شود (Monneveux & Belhassen, 1996). تنش خشکی یک پدیده طبیعی است که در گیاهان به وجود می‌آید. علت اصلی تنش آب در گیاه افزایش میزان تلفات آب، یا کافی نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است که بر اثر آن میزان تلفات آب ناشی از تعرق بر میزان جذب آن توسط ریشه‌ها پیشی گرفته و میزان تنش افزایش می‌یابد (Hajebi & Heydari Sharif Abad, 2005).

کمی‌سازی تأثیر تشعشع خورشیدی بر روی فتوسنتز جامعه گیاهان زراعی و تولید ماده خشک تا قبل از سال ۱۹۵۰ میلادی چندان مورد توجه نبود (Sinclair et al.,1992). وفابخش و همکاران (Vafa Bakhsh et al., 2008) گزارش کردند که کلزا تحت تنش برای ایجاد تحمل به تنش خشکی به عوامل دیگری غیر از کارآیی مصرف نور (RUE)[1] وابستگی دارد و مکانیسم‌های تحمل خود را از آن‌ها کسب می‌کند. عزیزی و آروین (Azizi & Arvin, 2008) گزارش کردند که کارآیی مصرف نور و اجزای عملکرد از مؤلفه‌های تأثیرگذار در شکل‌گیری عملکرد نهایی دانه در گیاه کلزا، بودند.

توزیع ماده خشک به معنی تخصیص آسیمیلات‌های حاصل از فرایند فتوسنتز به اندام‌های مختلف گیاه می‌باشد. این آسیمیلات‌ها در واقع به اندام‌های رویشی روی زمین و زیرزمین و اندام‌های ذخیره‌ای اختصاص می‌یابند (Jichuan et al., 2012). لطیفی (Latifi, 1995) با بررسی توزیع مواد خشک ساخته شده در گیاه کلزا نشان داد که حدود ۱۷ درصد از کل ماده خشک در مرحله رسیدگی دانه‌ها، در شرایط بدون تنش، به دانه‌ها تعلق می‌گیرد و این درصد در شرایط تنش خشکی حدود پنج درصد است.

باکتری‌های محرک رشدی بدون ایجاد روابط همزیستی توانایی تحریک رشد گیاه میزبان را دارند. این دسته از باکتری‌ها از توانایی خوبی برای کلونیزاسیون ریشه برخوردار بوده و با استفاده از مکانیسم‌های مختلف قادر به افزایش رشد گیاه میزبان می‌باشند (Klopper et al., 1987). تا چند دهه اخیر اصطلاح PGPR به انواعی از باکتری‌های ریشه گاهی اطلاق می‌شد که به طور غیرمستقیم و از طریق کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی، شرایط مناسب برای رشد گیاهان را فراهم می‌کردند. ولی بعدها محققین با بیان آثار مفیدی که از سوی باکتری‌های ریشه گاهی به طور مستقیم

1- Radiation use efficiency

بر رشد گیاهان اثر می‌کند (Defreitasl & Germida, 1990) و همچنین باعث مقاومت گیاه به تنش‌های غیر زنده می‌شود (Glick et al., 1995)، گروه میکروارگانیسم‌های ریشه گاهی محرک رشد گیاه را گسترش دادند. لوسی و همکاران (Lucy et al., 2004) مزایای تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد را شامل افزایش شاخص‌های متعددی مانند سرعت جوانه‌زنی، رشد ریشه، میزان تولید در واحد سطح، وزن اندام هوایی و ریشه، سطح برگ، محتوای کلروفیل، همچنین کنترل زیستی عوامل بیماری‌زا، مقاومت به خشکی و افزایش فعالیت میکروبی بیان کردند.

بنابراین با توجه به خشک بودن ایران از لحاظ اقلیمی از یک سو و تأثیر باکتری‌های ریشه‌گاهی محرک رشد گیاه در جهت افزایش مقاومت به تنش‌های غیر زنده و بالا بردن راندمان برای تأمین آب در جهت تخفیف تأثیر خشکی و همچنین اهمیت توسعه کشت دانه‌های روغنی به ویژه کلزا در کشور، تحقیق حاضر با هدف مطالعه اثر تنش خشکی و باکتری‌های محرک رشد گیاهی بر کارایی مصرف نور و ضریب تخصیص مواد به غلاف در ارقام کلزا طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این طرح در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه طرق مشهد)در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. از نظر موقعیت جغرافیایی، مزرعه آزمایشی در جنوب شرقی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا واقع شده بود. متوسط بارندگی منطقه سالیانه ۲۸۶ میلی‌متر و متوسط دمای سالیانه ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد است. وضعیت عمومی آب و هوای منطقه در طول ماه‌های سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ بر اساس آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشهد (فاصله دو کیلومتری محل اجرای طرح) در جدول ۱ آمده است.

این تحقیق بر اساس دو آزمایش همزمان (تنش خشکی و بدون تنش) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، درمزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی (ایستگاه طرق مشهد) انجام شد. در آزمایش تنش خشکی، اعمال تنش بروی تیمارها به صورت قطع دوره‌های آبی از مرحله شروع به ساقه رفتن اعمال شد و در آزمایش بدون تنش، آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در عمق توسعه ریشه‌ها انجام شد.

فاکتورهای مورد بررسی در این دو آزمایش شامل:

الف: فاکتور اول شامل، چهار سطح تلقیح با باکتری *سودوموناس* (تلقیح با "*سودوموناس فلورسنس* ۱۶۹ *Pseudomonas fluorescens* "، "*سودوموناس پوتیدا* ۱۰۸ *P. putida*"، مخلوط دو سویه و تیمار شاهد بدون تلقیح)

ب: فاکتور دوم شامل شش ژنوتیپ کلزا از سه گونه *براسیکا* که شامل Hyolla 330, Hyolla 401 متعلق به گونه *B. napus* و Parkland, Goldrush متعلق به گونه *B. rapa* و BP18, Landrace متعلق به گونه *B. juncea* بودند.

زمینی که برای طرح انتخاب شد در سال زراعی قبل آیش بود و بسترکاشت توسط دو دیسک عمود بر هم و لولر آماده گردید. کودهای پایه بر مبنای آزمون خاک (جدول ۲) به صورت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار N، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار K_2O قبل از کاشت و توسط دیسک با خاک مخلوط شد.

کشت بذر توسط بذرکار وینتراشنایگر در تاریخ شش مهر ۱۳۸۹ انجام گرفت. ابعاد کرت‌ها ۱/۵ × ۸ متر و در هر کرت چهار خط کشت با فاصله ۳۰ سانتی‌متر و تراکم ۹۰ بوته در مترمربع بود و فاصله بین بلوک‌ها از یکدیگر سه متر منظور شد.

برای تهیه مایه تلقیح از پرلیت به عنوان حامل استفاده شد. تراکم جمعیت باکتری در مایه تلقیح‌های ۱۰۸ و ۱۶۹ نیز به ترتیب ۱۰۹ ×۱/۰۱ و ۱۰۹×۱/۲۵ سلول به ازای هر گرم مایه تلقیح بود. برای تلقیح بذر کلزا ابتدا مقدار کافی بذر داخل کیسه پلاستیکی ریخته شد، سپس چند قطره از صمغ عربی ۴۰ درصد به آن اضافه و به طور کامل به هم زده شد، آن‌گاه مقدار یک گرم از هر یک از مایه تلقیح‌ها به بذر چسبناک اضافه و محتویات به خوبی تکان داده شده، به طوری‌که پوشش یکنواختی از مایه تلقیح روی بذرها را بپوشاند. سپس بذرها روی فویل آلومینیم ریخته شد و با دست کشت شدند. لازم بود کشت هر تیمار در تمام تکرارها توسط کارگر جداگانه انجام شود تا نیاز به شستن دست‌ها در هنگام کشت تیمار بعدی نداشته باشد.

مبارزه با کانون‌های شته مومی که یکی از آفات خطرناک کلزا است با استفاده از اختلاط سموم شیمیایی متاسیتوکس و دیازینون هر کدام به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار در فروردین ماه انجام شد.

جدول ۱- آمار هواشناسی از ایستگاه هواشناسی مشهد (۹۰-۱۳۸۹)

Table 1- climate data of experimental were taken from of Mashhad Metrological data (2010-2011)

ماه Month	دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد) Max temperature (˚C)	دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد) Min temperature (˚C)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	تبخیر (میلی‌متر) Evaporation (mm)
مهر September	24.9	9.6	0	149.2
آبان October	19.9	4.7	8.6	85
آذر November	17.7	1.2	0	6.9
دی December	10	-2.8	13.1	0
بهمن January	9.8	-0.8	41.3	0
اسفند February	10.6	0.2	22.4	0
فروردین March	22.3	7.6	10.1	160.3
اردیبهشت April	30	15.5	15.4	224.9
خرداد May	34.4	19.4	6.4	317.3

جدول ۲- خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Physical and chemical properties of soil in experimental site

عمق (سانتی-متر) Depth (cm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس برمتر) EC ($dS.m^{-1}$)	بافت Texture	شن (درصد) Sand (%)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	کربن آلی (درصد) O.C. (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم) Phosphorous ($mg.kg^{-1}$)
0-60	8	1.4	Silty loam	35	20.6	44.4	0.53	0.066	201	14.4

محاسبه کارایی مصرف نور

برای سنجش نسبت تشعشع دریافتی از دستگاه (Sunscan Model:SSI-UM-1/05) استفاده شد. برای این منظور ابتدا دستگاه مطابق با شرایط منطقه تنظیم شد و براساس روش (Whilhelm et al., 2000) ابتدا پروب این دستگاه در زیر گیاهان، نزدیک سطح خاک قرار می‌گرفت به طوری‌که انتها و ابتدای پروب دستگاه در فاصله بین ردیف‌ها قرار داشته باشد، سپس میزان تشعشع ورودی و پایین تاج پوشش گیاهی ثبت می‌گردید. این عمل در هر کرت سه مرتبه انجام شد و از میانگین آن‌ها برای مقادیر تشعشع ورودی و زیر تاج پوشش گیاهی آن کرت استفاده شد. اندازه‌گیری تشعشع تا بسته شدن تاج پوشش گیاهی کلزا (قبل از ریزش برگ‌ها) حدوداً در فاصله ساعت ۱۱ تا ۱۳ (ظهر خورشیدی) انجام شد. این اندازه‌گیری‌ها دقیقاً قبل از نمونه‌برداری ماده خشک صورت می‌گرفت.

یادداشت برداری از تشعشع ورودی و جذب شده توسط تاج پوشش گیاهی انجام شد و بعد از آن مقدارکسر تشعشع دریافت شده (F) از طریق معادله زیر محاسبه گردید (Soltani et al., 2006):

$$F = 1 - \frac{BLW}{UP} \qquad (۱)$$

در این معادله، پارامترهای F: کسر تشعشع دریافت شده، BLW: نور زیر تاج پوشش گیاهی، UP: نور در بالای تاج پوشش گیاهی بودند. برای پیدا کردن مقدار کسر تشعشع دریافت شده (F) در حد فاصل روزهای نمونه‌برداری، از معادله‌های (۲) و (۳) استفاده شد.

$$F = F_1 + R(X - X_1) \quad (۲)$$

$$R = \frac{F_2 - F_1}{X_2 - X_1} \quad (۳)$$

در این معادله، F: کسر تشعشع دریافت شده (بین نقاط نمونه-برداری)، F_2 و F_1: کسر تشعشع دریافت شده در نقاط نمونه‌برداری، X_2 و X_1: روز بعد از کاشت در زمان یادداشت‌برداری از تشعشع، X: روز بعد از کاشت مشخص (بین نقاط نمونه‌برداری) بودند.

ساعات آفتابی برای هر روز در این مدت از اداره هواشناسی ایستگاه سینوپتیک مشهد گرفته شد و به تشعشع خورشیدی رسیده تبدیل شد (Soltani et al., 2006). مقادیر تشعشع خورشیدی رسیده روزانه از حاصلضرب تشعشع خورشیدی رسیده و کسر تشعشع دریافت شده (F) در هر روز محاسبه گردید. سپس برای به دست آوردن تشعشع خورشیدی رسیده تجمعی، مقدار تشعشع خورشیدی رسیده هر روز (روزانه) با مجموع تشعشع رسیده روزهای قبل جمع شد. کارایی مصرف نور از برازش رابطه خطی بین تشعشع تجمعی دریافت شده و ماده خشک تجمعی محاسبه شد که شیب این خط کارایی مصرف نورمی باشد (Azizi & Arvin, 2008).

جدول ۳- کارآیی مصرف نور (RUE+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس بر همکنش باکتری در رقم در شرایط عدم تنش

Table 3- Radiation use efficiency (RUE±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on interaction of bacteria × cultivar under non-stress condition

تیمار Treatment	کارآیی مصرف نور RUE+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
b_0v_1	0.41385 ± 0.03896	0.97	5.12
b_0v_2	0.37544 ± 0.05457	0.94	8.19
b_0v_3	± 0.09588 0.17546	0.52	14.66
b_0v_4	± 0.14365 0.54431	0.82	23.45
b_0v_5	0.11065 ± 0.01122	0.97	3.32
b_0v_6	0.15730 ± 0.01262	0.98	2.16
b_1v_1	0.29573 ± 0.03779	0.95	6.44
b_1v_2	0.57208 ± 0.04033	0.98	5.35
b_1v_3	0.37950 ± 0.20143	0.54	23.46
b_1v_4	0.28681 ± 0.02459	0.97	4.84
b_1v_5	0.28180 ± 0.02039	0.98	3.19
b_1v_6	0.35451 ± 0.05969	0.92	12.37
b_2v_1	0.24351 ± 0.03205	0.95	4.98
b_2v_2	0.32751 ± 0.02894	0.97	4.13
b_2v_3	0.13254 ± 0.01374	0.96	2.52
b_2v_4	0.62885 ± 0.08687	0.94	13.26
b_2v_5	0.21935 ± 0.06347	0.79	12.63
b_2v_6	0.33656 ± 0.04433	0.95	9.56
b_3v_1	0.34766 ± 0.04409	0.95	6.04
b_3v_2	0.50239 ± 0.08171	0.92	9.98
b_3v_3	0.30836 ± 0.03317	0.96	8.08
b_3v_4	0.29989 ± 0.04290	0.94	9.77
b_3v_5	0.17658 ± 0.18861	0.22	22.04
b_3v_6	0.29900 ± 0.04375	0.93	8.13

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*، V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens*, B_3: *Pseudomonas putida*, V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6: Landrace

محاسبه ضریب تخصیص مواد به غلاف

ضریب توزیع برای اندام‌های مختلف بر اساس فرمول زیر به دست می‌آید (Rizzalli et al., 2002):

$$PC_i = \frac{\Delta DM_i}{\Delta DM_{tot}} \quad (۴)$$

که در این معادله، Pc_i: ضریب توزیع ماده خشک برای اندام i در فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری، ΔDM_i: تغییرات وزن خشک اندام مورد نظر بین دو نمونه‌برداری، ΔDM_{tot}: تغییرات وزن خشک کل بخش هوایی در اندام مورد نظر در فاصله زمانی بین دو نمونه‌برداری، با استفاده از این فرمول توزیع ماده خشک به غلاف محاسبه گردید.

ضرایب توزیع با استفاده از برازش معادله خطی بین ماده خشک هر اندام در مقابل ماده خشک اندام هوایی به صورت شیب خط حاصله به دست آمد (Arvin et al., 2014).

برای تجزیه و تحلیل داده‌های به دست آمده از نرم‌افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد.

جدول ٤- کارآیی مصرف نور (RUE+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس برهم کنش باکتری در رقم در شرایط تنش

Table 4- Radiation use efficiency (RUE±SE), determination coefficient(R^2) and coefficient variation (CV) og canola based on interaction of bacteria × cultivar under stress condition

تیمار Treatment	کارآیی مصرف نور RUE+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
b_0v_1	0.34343±0.13491	0.68	19.34
b_0v_2	0.45520 ± 0.5903	0.95	8.09
b_0v_3	0.14846 ± 0.05812	0.68	18.36
b_0v_4	0.38890 ± 0.03265	0.97	4.90
b_0v_5	0.17719 ± 0.01606	0.97	2.11
b_0v_6	0.40572 ± 0.06642	0.92	11.30
b_1v_1	0.35727 ± 0.10579	0.79	17.90
b_1v_2	0.34434 ± 0.12641	0.71	21.03
b_1v_3	0.24161 ± 0.03926	0.92	7.46
b_1v_4	0.11895 ± 0.01318	0.96	2.46
b_1v_5	0.11551 ± 0.01050	0.97	1.44
b_1v_6	0.10049 ± 0.01788	0.91	2.89
b_2v_1	0.35585 ± 0.08749	0.84	14.22
b_2v_2	0.15210 ± 0.04453	0.79	9.00
b_2v_3	0.49800 ± 0.09302	0.90	12.70
b_2v_4	0.32667 ± 0.09621	0.79	17.24
b_2v_5	0.12412 ± 0.01923	0.93	2.53
b_2v_6	0.41287 ± 0.11384	0.81	23.81
b_3v_1	0.51708 ± 0.04288	0.97	7.44
b_3v_2	0.23534 ± 0.07865	0.74	13.29
b_3v_3	0.29006 ± 0.04486	0.93	8.18
b_3v_4	0.26010 ± 0.09049	0.73	18.17
b_3v_5	0.10320 ± 0.02278	0.87	5.90
b_3v_6	0.25438 ± 0.03242	0.95	9.29

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*، V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

B_0: Control, B_1: B_2+P_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens*, B_3: *Pseudomonas putida*, V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6: Landrace

جدول ۵- کارآیی مصرف نور (RUE+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس باکتری در شرایط عدم تنش

Table 5-Radiation use efficiency (RUE±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on bacteria under non-stress condition

باکتری Bacteria	کارآیی مصرف نور RUE+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
B_0	0.37004 ± 0.05394	0.52	22.70
B_1	0.34172 ± 0.07029	0.65	18.38
B_2	0.39689 ± 0.07173	0.62	24.38
B_3	0.37813 ± 0.05180	0.45	25.59

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* و B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas*

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens* and B_3: *Pseudomonas putida*

جدول ٦- کارآیی مصرف نور (RUE+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس باکتری در شرایط تنش

Table 6- Radiation use efficiency (RUE±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on bacteria under stress condition

باکتری Bacteria	کارآیی مصرف نور RUE+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
B_0	0.30529 ± 0.06433	0.44	27.65
B_1	0.21803 ± 0.03690	0.55	15.35
B_2	0.34969 ± 0.05270	0.61	22.94
B_3	0.30607 ± 0.05295	0.54	26.68

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* و B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas*

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens* and B_3: *Pseudomonas putida*

نتایج و بحث

کارایی مصرف نور

در این تحقیق با استفاده از مدل رگرسیون خطی ساده، رابطه بین ماده خشک تجمعی گیاه در مقابل تشعشع دریافت شده تجمعی بر اساس تشعشع فعال فتوسنتزی برازش شد و شیب خط حاصله به عنوان کارایی مصرف نور بیان گردید. معمولاً یک رابطه خطی بین ماده خشک تجمعی و تشعشع دریافت شده تجمعی وجود دارد که شیب این خط کارایی مصرف نور را نشان می‌دهد (Sinclair et al., 1992). بر اساس مقادیر اشتباه معیار (SE)[1] معادله‌های برازش شده در این آزمایش مشخص گردید که تفاوت معنی‌داری بین ارقام، کاربرد باکتری و اثر متقابل باکتری در رقم هم به صورت مجزا و مقایسه‌ای در هر دو محیط (تنش خشکی و عدم تنش) وجود داشت.

نتایج اثر متقابل باکتری در رقم نشان داد که باکتری *سودوموناس* فلورسنس در رقم گلدراش (B_2V_4) در محیط عدم تنش با ۰/۰۸ ± ۰/۶۲ گرم بر مگاژول بیشترین و تلفیق دو نژاد باکتری در رقم لندریس(B_1V_6) در محیط تنش با ۰/۰۱۷ ± ۰/۱۰۰ گرم بر مگاژول کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول‌های ۳ و ۴).

در این تحقیق، تفاوت معنی‌داری در مقایسه دو محیط در سطح باکتری مشخص شد (جدول‌های ۵ و ۶) که بر این اساس باکتری *سودوموناس* فلورسنس در محیط بدون تنش بیشترین کارایی مصرف نور را با ۰/۰۷۱±۰/۳۹ بر حسب گرم بر مگاژول و کمترین این مقدار مربوط به تلفیق دو نژاد باکتری در محیط تنش با ۰/۰۳±۰/۲۱ گرم بر مگاژول حاصل شد.

در سطح رقم، رقم هایولا ۳۳۰ در شرایط عدم تنش با ۰/۰۴۷ ± ۰/۴۵ گرم بر مگاژول و هایولا ۴۰۱ در شرایط عدم تنش با ۰/۰۳۸±۰/۳۹ گرم بر مگاژول بیشترین و رقم BP18 در شرایط تنش با ۰/۰۶ ± ۰/۱۱ گرم بر مگاژول کمترین این ضریب را نشان دادند (جدول ۷ و ۸).

1- Standard error

جدول ۷- کارآیی مصرف نور (RUE+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس رقم در شرایط عدم تنش

Table 7- Radiation use efficiency (RUE±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on cultivar under non-stress condition

رقم Cultivar	کارآیی مصرف نور RUE+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
Hayola 401	0.39012 ± 0.03883	0.79	11.52
Hayola 330	0.45268 ± 0.04747	0.83	12.92
Parkland	0.24273 ± 0.06624	0.42	26.19
Goldrush	0.44341 ± 0.06721	0.70	24.40
BP18	0.15448 ± 0.05549	0.30	24.77
Landrace	0.28780 ± 0.03237	0.81	12.62

V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6:Landrace

جدول ۸- کارآیی مصرف نور (RUE+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس رقم در شرایط تنش

Table 8- Radiation use efficiency (RUE±SE), determination coefficient (R^2) and Coefficient variation (CV) of canola based on cultivar under stress condition

رقم Cultivar	کارآیی مصرف نور RUE+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
Hayola 401	0.29709 ± 0.04935	0.78	15.97
Hayola 330	0.28061 ± 0.05454	0.59	18.41
Parkland	0.28685 ±0.08714	0.37	33.29
Goldrush	0.28297 ± 0.05259	0.61	18.70
BP18	0.11094 ± 0.06733	0.13	22.58
Landrace	0.26785 ± 0.06167	0.51	24.96

V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6:Landrace

نتایج این تحقیق نشان داد که ضرایب این معادله در هر سه سطح (باکتری، رقم و باکتری در رقم) در شرایط عدم تنش بالاتر از محیط تنش بود. پس این گونه به نظر می‌رسد که تنش خشکی از طریق اختلال در فرآیندهای رشد سلولی، توسعه برگ و فتوسنتز باعث استفاده کمتر از نور خورشید، کاهش ساخت مواد و در نهایت کاهش کارایی مصرف نور خورشید در مقایسه با شرایط عدم تنش شد. به عبارتی دیگر تنش خشکی از یک سو با کاهش رشد و ماده‌سازی از توسعه سطح برگ ممانعت می‌کند، از سوی دیگر خشکی با تأثیر بر تخریب سلول‌های برگ و نکروزه شدن برگ‌ها، سطح برگ را در گیاه کاهش می‌دهد که این خود یکی از عمده دلایل کاهش میزان کارآیی مصرف نور در گیاه به حساب می‌آید. کاهش جذب نور از طریق لوله شدن یا تا خوردن برگ‌ها نیز می‌تواند عامل مهم دیگری باشد. چرا که در شرایط تنش خشکی تغییر شکل دادن برگ‌ها و جمع شدن آن‌ها سطح تبخیر را کاهش داده (Taiz & Zeiger, 2010) و باعث می‌شود گیاهان با متعادل کردن حفظ آماس و کاهش هدر رفتن آب زنده بمانند (Lambers et al., 2008) یکی دیگر از جنبه‌های مقاومت گیاهان در مقابل خشکی، کوچک‌تر شدن برگ‌ها و تغییر جهت آن‌ها در خلاف نور خورشید می‌باشد که در این صورت بافت‌ها کمتر در معرض نور خورشید قرار می‌گیرند (Saglam et al., 2008). پس در مجموع کاهش راندمان مصرف نور در شرایط تنش خشکی را می‌توان به تغییرات مرفولوژیک و اکوفیزیولوژیکی که در گیاهان تحت تنش رخ می‌دهد و پیامد آن کاهش دریافت و جذب تشعشع خورشیدی است، دانست.

کولینو و همکاران (Collino et al., 2001) نیز کاهش کارایی مصرف نور در شرایط تنش خشکی را در بادامزمینی (*Arachis hypogaea* L.) گزارش کردند.

تأثیر تنش خشکی و محدودیت رطوبتی آن بر توسعه تاج پوشش گیاهی، بسیاری از خصوصیات آن را در مقایسه با شرایط بهینه تغییر

می‌دهد. برگ‌ها معمولاً در این شرایط کوچک‌تر است و زاویه عمودی‌تری دارند (Lambers et al., 2008). علاوه بر این تولید پنجه کمتر در شرایط تنش رطوبتی، باعث می‌شود که شاخص سطح برگ کاهش یابد، در نهایت به دلیل تسریع در پیری برگ‌ها، دوام سطح برگ کاهش می‌یابد که در مجموع پتانسیل جذب و ساخت را در شرایط تنش خشکی کاهش می‌دهد (Earl & Davis, 2003; Kumar et al., 1994; Tesfay et al., 2006).

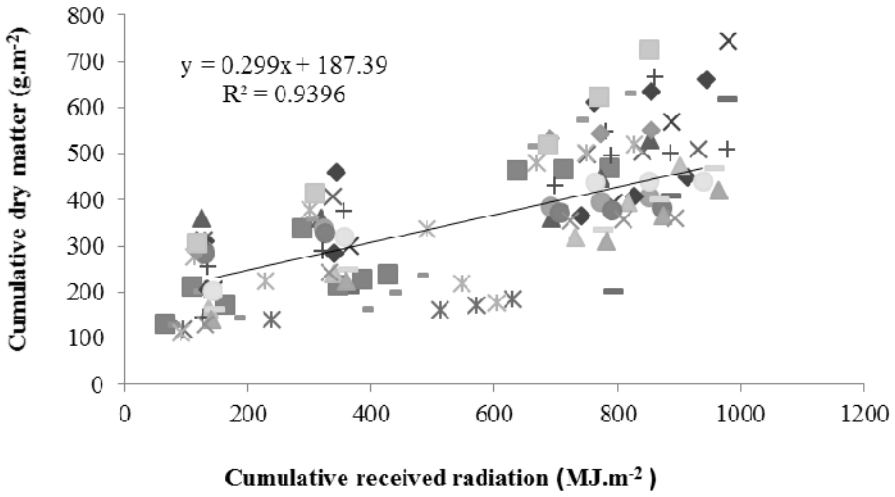
نتایج نشان داد که به ترتیب کاربرد باکتری *سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس پوتیدا* بالاترین تأثیر را هم به صورت مقایسه‌ای و هم مجزا، درکارایی مصرف نور داشتند (جدول‌های ۵ و ۶). پس این گونه به نظر می‌رسد که کاربرد باکتری در شرایط تنش نسبت به عدم کاربرد آن از طریق ایجاد کلونی در اطراف ریشه و نگهداری و جذب رطوبت و تخفیف شرایط تنش، باعث بالا رفتن کارایی مصرف نور شده است که این مهم می‌تواند در ساخت عملکرد نهایی نقش پر رنگی داشته باشد. باکتری‌های محرک رشد قادرند از طریق مکانیسم‌های مختلف موجب افزایش جذب مواد غذایی شوند. در اغلب تحقیقات توانایی سویه‌های PGPR در تولید هورمون‌های گیاهی و افزایش رشد روی توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه ثابت شده است که سبب جذب آسان‌تر و سریع‌تر عناصر غذایی و آب از خاک به عنوان عامل اصلی افزایش رشد در اندام‌های هوایی گیاه میزبان گردیده است (Egamberdiyera et al., 2002; Patten & Glick, 1996). نتایج این پژوهش همچنین نشان داد که ترکیب دو نژاد باکتری هم اثر منفی و آنتاگونیسمی برکارایی مصرف نور داشت و مقدار عددی آن حتی از عدم کاربرد باکتری هم کمتر بود (جدول‌های ۵ و ۶). این گونه به نظر می‌رسد که ترکیب دو نژاد باکتری در محیط ریزوسفر خاک و پیرامون ریشه باعث پیدایش رقابت بین این دو نژاد باکتری شد و در نهایت، این ترکیب تیماری اثر خوب و مثبتی بر کارایی مصرف نور نداشت. رقابت در یک محیط در جایی اتفاق می‌افتد که وجود منابع برای هر دو اندام یا گیاه مرتبط با یکدیگر محدود باشد و اگرچه یک عضو ممکن است در نهایت بر دیگری غلبه کند، اما هر دو گونه هنگامی که بدین گونه عمل می‌کنند از زمانی که اصلاً اثر متقابلی نداشته‌اند، وضعیت بدتری خواهند داشت (Nassiri et al., 2007).

هیبریدهای هایولا در این آزمایش در هر دو محیط به طور معنی‌داری کارایی مصرف نور بالاتری را نسبت به سایر ارقام مورد آزمایش به دست آوردند (جدول‌های ۷ و ۸). بالا بودن RUE در هیبرید هایولا ۳۳۰ در عدم تنش و هایولا ۴۰۱ در تنش را می‌توان این گونه توجیه کرد که توزیع و آرایش مناسب و یکنواخت برگ‌ها در کل تاج پوشش گیاهی گیاه سبب شد تا حداقل سایه‌اندازی برگ‌ها روی هم و حداکثر نفوذ نور به درون تاج پوشش گیاهی گیاه حادث شود و در نتیجه بهره وری مناسب از نور خورشید موجب حصول RUE بالاتری در این رقم گردید. عزیزی و آروین (Azizi & Arvin, 2008) برتری عملکرد و کارایی مصرف نور را در هیبرید هایولا ۳۳۰ و هایولا ۴۰۱ نسبت به سایر ارقام مورد بررسی گزارش کردند. پایین بودن RUE در رقم BP18 در تنش خشکی(جدول‌های ۷ و ۸) را می‌توان به ساختار خاص برگ‌های این گونه (*B. juncea*) و تنش خشکی ربط داد. گونه خردل وحشی نسبت به دو گونه شلغم روغنی و کلزای معمولی سطح برگ کوچکتری دارد (Azizi et al., 2006). خشکی سبب کاهش در اندازه برگ‌ها، وزن خشک اندام هوایی، شاخص سطح برگ، تعداد برگچه و متوسط سطح برگ می‌شود (Hu et al., 2014). پس در مجموع خشکی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه تأثیر گذاشته و پیامد آن نیز می‌تواند کاهش کارایی مصرف نور نیز باشد.

کارایی مصرف نور (RUE) عبارت از مقدار ماده خشک تولید شده بر حسب گرم به ازای هر مگاژول انرژی خورشیدی دریافت شده، است (Azizi & Purcell et al., 2002; Soltani et al., 2006; Arvin, 2008). برخی از منابع بر استفاده از مقادیر متفاوت کارایی مصرف نور در گونه‌های متفاوت گیاهی و شرایط فراهمی متغییر نهاده‌ها تأکید کرده‌اند (Gallo et al.,1993)، اما سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2006) معتقدند که میزان کارآیی مصرف نور در بخش بزرگی از دوره زندگی گیاه ثابت می‌باشد.

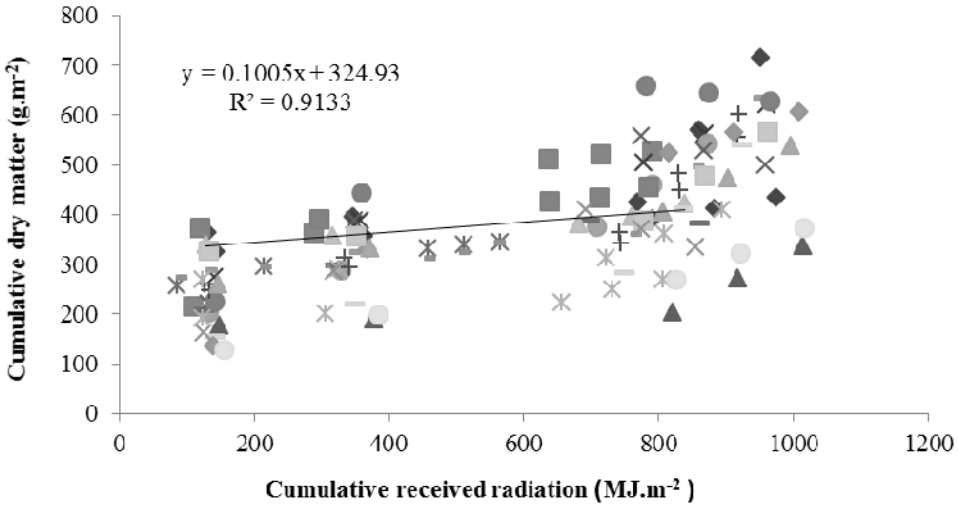
کلیه ترکیبات تیماری در شرایط عدم تنش و تنش انتخاب شدند و خط فرضی (از بین کلیه نقاط عبور داده شده) به عنوان RUE مطابق شکل‌های ۱ و ۲ رسم شدند و شیب بیشتر کارایی مصرف نور در شرایط عدم تنش نسبت به تنش مشهود بود. بالا بودن شیب کارایی مصرف نور نشان‌دهنده بازدهی بالای گیاه از استفاده از نور خورشید و تبدیل آن به ماده خشک است پس در مجموع، فراهم بودن نهاده‌ها (شرایط عدم تنش) و معماری و ساختار خوب تاج پوشش گیاهی منجر به افزایش RUE می‌شود (Azizi & Arvin, 2008) که این مهم در نتایج این آزمایش در مورد هیبریدهای هایولا در

شرایط عدم تنش حاصل شد (جدول‌های ۷ و ۸). بررسی‌ها تأیید نموده‌اند که اعمال تنش خشکی از طریق کاهش نرخ فتوسنتز و کاهش سطح برگ منجر به کم شدن مقادیر کارایی مصرف نور می‌شود (Han et al., 2008).



شکل ۱- برازش رابطه خطی بین ماده خشک کل تجمعی در برابر تشعشع دریافت شده تجمعی کلزا در محیط عدم تنش

Fig. 1- Fitness of liner relationship between cumulative dry matter in versus of cumulative absorbed radiation of canola under non-stress conditions



شکل ۲- برازش رابطه خطی بین ماده خشک کل تجمعی در برابر تشعشع دریافت شده تجمعی در محیط تنش

Fig. 2- Fitness of liner relationship between cumulative dry matter in versus of cumulative absorbed radiation under stress conditions

ضریب تخصیص مواد به غلاف

بر اساس معادلـه رگرسـیون سـاده خطـی (y=a+bx) بـین مـاده خشک تجمعی غلاف در مقابل ماده خشک کل تجمعی اندام هـوایی یک رابطه وجود داشت که بیان‌کننده ضریب تخصیص مواد به غلاف بود که به نوعی بازده اقتصادی گیاه را نشان مـی‌دهـد. نتـایج تجزیـه رگرسیونی و مقادیر اشتباه معیار (SE) نشان داد که تفاوت معنـی‌داری بین ارقام، اثر متقابل رقم در باکتری در هر دو محیط تنش خشـکی و عدم تنش خشکی وجود داشت و همچنین در سـطح بـاکتری تفـاوت معنی‌داری فقط در محیط عدم تنش مشاهده گردید.

نتایج مقایسه دو محیط نشان داد (جدول‌های ۹ و ۱۰) در سـطح باکتری در رقم، باکتری سودوموناس فلورسـنس در رقـم هـایولا ۳۳۰ (B_2V_2) در محیط عدم تـنش بـا ۰/۰۸ ± ۰/۹۳ گـرم مـاده خشـک غلاف به گرم ماده خشـک انـدام هـوایی بیشـترین و تلفیـق دو نـژاد باکتری در رقم BP18 (B_1V_5) در محیط تنش با ۰/۰۲ ± ۰/۱۶ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هـوایی کمتـرین ضـریب تخصیص را داشتند.

جدول ۹- ضریب تخصیص مواد به غلاف (b+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس بر همکنش باکتری در رقم در شرایط عدم تنش

Table 9- Material partitioning coefficient into pod (b±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on interaction of bacteria × cultivar under non-stress condition

تیمار Treatment	ضریب تخصیص مواد به غلاف b+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
b_0v_1	0.74216 ± 0.04029	0.99	0.37
b_0v_2	0.78128 ± 0.15258	0.92	2.02
b_0v_3	0.61429 ± 0.06426	0.97	1.16
b_0v_4	0.65112 ± 0.03510	0.99	1.40
b_0v_5	0.56934 ± 0.08952	0.95	3.25
b_0v_6	0.55141 ± 0.03755	0.99	1.10
b_1v_1	0.66006 ± 0.05438	0.98	0.78
b_1v_2	0.68650 ± 0.08902	0.96	1.12
b_1v_3	0.60528 ± 0.03029	0.99	0.50
b_1v_4	0.68792 ± 0.03491	0.99	0.66
b_1v_5	0.29811 ± 0.00771	0.99	0.59
b_1v_6	0.53620 ± 0.02090	0.99	0.96
b_2v_1	0.73129 ± 0.11996	0.94	1.57
b_2v_2	0.93934 ± 0.08488	0.98	0.87
b_2v_3	0.61054 ± 0.02851	0.99	0.58
b_2v_4	0.66344 ± 0.05029	0.98	0.61
b_2v_5	0.37668 ± 0.04452	0.97	3.02
b_2v_6	0.67266 ± 0.01635	0.99	0.34
b_3v_1	0.76210 ± 0.05159	0.99	0.67
b_3v_2	0.83323 ± 0.00714	0.99	0.05
b_3v_3	0.56083 ± 0.10004	0.94	3.10
b_3v_4	0.61084 ± 0.07968	0.96	1.11
b_3v_5	0.48277 ± 0.06377	0.96	3.74
b_3v_6	0.54659± 0.06138	0.97	1.63

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*، V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens*, B_3: *Pseudomonas putida*, V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6:Landrace

جدول ۱۰- ضریب تخصیص مواد به غلاف (b+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس بر همکنش باکتری در رقم در شرایط تنش

Table 10- Material partitioning coefficient into pod (b±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on interaction of bacteria × cultivar under stress condition

تیمار Treatment	ضریب تخصیص مواد به غلاف b+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
b_0v_1	0.30820 ± 0.03637	0.9729	0.92376
b_0v_2	0.58528 ± 0.03176	0.9941	0.78261
b_0v_3	0.28590 ± 0.04653	0.9497	0.87657
b_0v_4	0.24906 ± 0.02866	0.9742	0.54244
b_0v_5	0.22055 ± 0.03197	0.9597	0.97711
b_0v_6	0.21698 ± 0.00796	0.9973	0.62753
b_1v_1	0.26597 ± 0.02070	0.9880	0.73636
b_1v_2	0.57717 ± 0.14283	0.8909	2.64247
b_1v_3	0.38473 ± 0.02262	0.9931	0.61555
b_1v_4	0.25012 ± 0.05317	0.9171	1.18790
b_1v_5	0.16343 ± 0.02100	0.968	1.39700
b_1v_6	0.24119 ± 0.03613	0.9570	0.9570
b_2v_1	0.25702 ± 0.04777	0.9354	1.12336
b_2v_2	0.35415 ± 0.01839	0.9946	0.36406
b_2v_3	0.20041 ± 0.04807	0.8968	1.59095
b_2v_4	0.26360 ± 0.02670	0.9799	0.93212
b_2v_5	0.17229 ± 0.00214	0.9997	0.10483
b_2v_6	0.33606 ± 0.05661	0.9463	2.07050
b_3v_1	0.28963 ± 0.03445	0.9725	1.71644
b_3v_2	0.62148 ± 0.31559	0.6598	6.80159
b_3v_3	0.21334 ± 0.03219	0.9565	2.30179
b_3v_4	0.21832 ± 0.01037	0.9955	0.61750
b_3v_5	0.21466 ± 0.01173	0.9941	0.66395
b_3v_6	0.24760 ± 0.02529	0.9796	1.46981

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens*، B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas putida*، V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens*, B_3: *Pseudomonas putida*, V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6: Landrace

در این پژوهش، باکتری *سودوموناس پوتیدا* با ۰/۰۱ ± ۰/۶۶ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی بیشترین و باکتری *سودوموناس* فلورسنس با ۰/۰۶ ± ۰/۵۰۶ و تلفیق دو نژاد باکتری با ۰/۰۱ ± ۰/۵۰۸ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند (جدول‌های ۱۱ و ۱۲).

نتایج مقایسه دو محیط در سطح رقم (جداول ۱۳ و ۱۴) همچنین نشان داد که رقم هایولا ۴۰۱ در محیط عدم تنش با ۰/۰۳+ ۰/۶۲ و رقم هایولا ۳۳۰ در محیط عدم تنش با ۰/۰۲+ ۰/۵۶ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام هوایی به ترتیب بیشترین و رقم BP18 در محیط تنش با ۰/۰۵+ ۰/۲۷ گرم ماده خشک غلاف به گرم ماده خشک اندام‌های هوایی کمترین ضریب تخصیص مواد به غلاف را داشتند.

میزان فتوسنتز، مقدار کل کربن تثبیت شده موجود برای برگ را مشخص می‌سازد. تنظیم میزان کربن تثبیت شده در مسیرهای متابولیکی مختلف را اصطلاحاً تسهیم[1] گویند (Taiz & Zeiger, 2010).

دستجات آوندی سیستم لوله‌ای را تشکیل می‌دهند که قادر به هدایت مواد فتوسنتزی به اندام‌های مختلف مانند ساقه، ریشه، برگ‌های جوان، میوه‌ها یا دانه‌ها می‌باشد.

1- Allocation

جدول ۱۱- ضریب تخصیص مواد به غلاف (b+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس باکتری عدم تنش

Table 11- Material partitioning coefficient into pod (b±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on bacteria under non-stress condition

باکتری Bacteria	ضریب تخصیص مواد به غلاف b+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
B_0	0.64588 ± 0.00834	0.99	4.78
B_1	0.60661 ± 0.00961	0.99	4.64
B_2	0.61184 ± 0.01657	0.98	8.64
B_3	0.66091 ± 0.01085	0.99	6.13

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* و B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas*

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens* and B_3: *Pseudomonas putida*

جدول۱۲- ضریب تخصیص مواد به غلاف (b+SE) ،ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس بر همکنش باکتری در شرایط تنش

Table 12- Material partitioning coefficient into pod (b±SE), determination coefficient t(R^2) and coefficient variation (CV) of canola based f bacteria under stress condition

باکتری Bacteria	ضریب تخصیص مواد به غلاف b+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
B_0	0.52992± 0.01826	0.97	9.84
B_1	0.50828 ± 0.01084	0.99	4.62
B_2	0.50672 ± 0.06394	0.73	19.71
B_3	0.52560 ± 0.03511	0.91	23.33

B_0: عدم تلقیح، B_1: تلفیق دو نژاد باکتری (*Pseudomonas fluorescens* and *Pseudomonas putida*)، B_2: تلقیح با باکتری *Pseudomonas fluorescens* و B_3: تلقیح با باکتری *Pseudomonas*

B_0: Control, B_1: B_2+B_3, B_2: *Pseudomonas fluorescens* and B_3: *Pseudomonas putida*

جدول ۱۳- ضریب تخصیص مواد به غلاف (b+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس رقم در شرایط عدم تنش

Table 13- Material partitioning coefficient into pod (b±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on cultivar under non-stress condition

رقم Cultivar	ضریب تخصیص مواد به غلاف b+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
Hayola 401	0.62535 ± 0.03463	0.95	4.81
Hayola 330	0.56570 ± 0.02763	0.96	4.71
Parkland	0.68641 ± 0.02158	0.98	3.22
Goldrush	0.66481 ± 0.02205	0.98	5.88
BP18	0.44565 ± 0.05653	0.81	6.03
Landrace	0.64263 ± 0.00844	0.99	1.92

V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6: Landrace

توزیع متفاوت مواد فتوسنتزی در داخل گیاه را اصطلاحا تخصیص[1] گویند (Taiz & Zeiger, 2010). عوامل زیادی هستند که روی توانایی تخصیص مواد فتوسنتزی به اندام‌ها در طول فازهای رویشی و زایشی مختلف اثر می‌گذارند که از آن جمله به ژنوتیپ، درجه حرارت، بارندگی، کود، روش کشت، دسترسی به آب و مواد غذایی، هورمون‌ها و ظرفیت بافری اندام‌های ذخیره‌ای می‌توان اشاره کرد (Fageria & Baligar, 2005).

1- Partitioning

جدول ١٤- ضریب تخصیص مواد به غلاف (b+SE)، ضریب تبیین (R^2) و ضریب تغییرات (CV) کلزا بر اساس رقم در شرایط تنش

Table 14- Material partitioning coefficient into pod (b±SE), determination coefficient (R^2) and coefficient variation (CV) of canola based on cultivar under stress condition

رقم Cultivar	ضریب تخصیص مواد به غلاف b+SE	ضریب تبیین R^2	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
Hayola 401	0.28116 ± 0.06167	0.59	11.03
Hayola 330	0.32825 ± 0.04280	0.80	5.77
Parkland	0.56875 ± 0.06178	0.85	18.98
Goldrush	0.63144 ± 0.43265	0.13	29.68
BP18	0.27768 ± 0.05256	0.66	7.14
Landrace	0.53490 ± 0.14801	0.48	24.03

V_1: رقم Hayola 401، V_2: رقم Hayola 330، V_3: رقم Parkland، V_4: رقم Goldrush، V_5: رقم BP18 و V_6: رقم Landrace

V_1: Hayola401, V_2: Hayola330, V_3: Parkland, V_4: Goldrush, V_5: BP18 and V_6: Landrace

بالا بودن ضریب تخصیص مواد به غلاف در هیبریدهای هایولا و کمتر بودن این ضریب در رقم BP18 را در این پژوهش می‌توان مربوط به معماری و ساختار مرفولوژیک آن‌ها دانست. از آن‌جایی که در شرایط خشکی جذب آب و یون‌های معدنی توسط ریشه مختل می‌شود روند تولید آسیمیلیت‌های فتوسنتزی نیز محدود می‌شود، پس در مجموع اثرهای تنش خشکی و معماری خاص رقم BP18 که متعلق به گونه خردل هندی است منجر به کاهش رشد و کم شدن ضریب تخصیص مواد به غلاف در این رقم شد (جدول‌های ۱۳ و ۱۴).

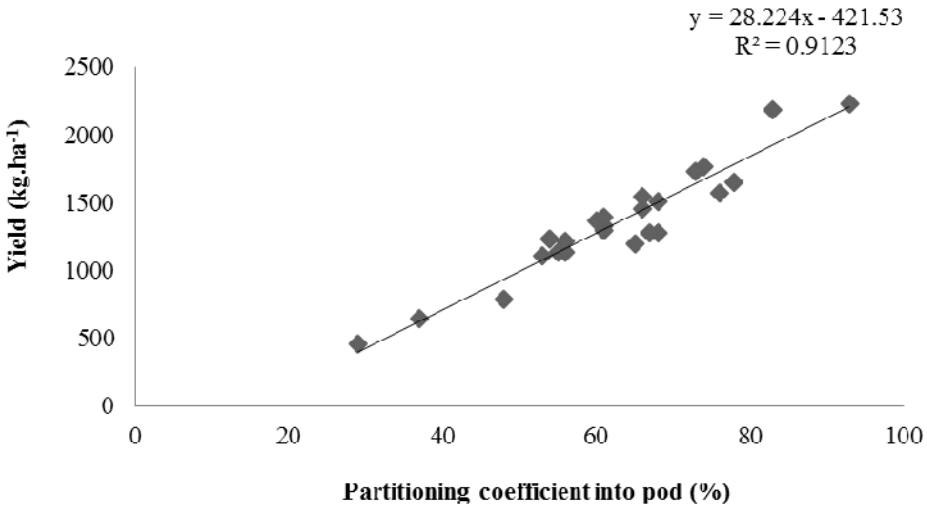
ولی تخصیص بیشتر همین مقدار از آسمیلیت‌های فتوسنتزی به اندام‌های اقتصادی، سبب شکل‌گیری و ساخت عملکرد نهایی بیشتر و بالا رفتن ضریب تخصیص بیشتری می‌گردد (Dipenbrock, 2000; Neumann, 2008). بری و اسپایک (Berry & Spink, 2006) و آروین و همکاران (Arvin et al., 2014) گزارش کرد که تخصیص فتو آسمیلیت‌ها به اندام‌های اقتصادی می‌تواند با عملکرد و شاخص برداشت، همبستگی بالا و مثبتی داشته باشد. نتایج این تحقیق نیز نشان داد(شکل‌های ۳ و ۴) که تخصیص مواد به غلاف با عملکرد نهایی در شرایط عدم تنش ۹۱٪ و در شرایط تنش ۷۴٪ همبستگی مثبت داشت. شاید این گونه به نظر برسد که بتوان ضریب تخصیص مواد به غلاف را مترادف با عملکرد اقتصادی قرار داد.

در این پژوهش ترکیب و تلفیق دو نژاد باکتری با هم خصوصاً در شرایط عدم تنش، اثر آنتاگونیسمی بر ضریب تخصیص داشت ولی کاربرد هر باکتری به تنهایی اثر مثبت و قوی بروی این صفت گذاشت (جدول‌های ۱۰ و ۱۳). کلوپر و همکاران (Kloepper et al., 1987) گزارش کردند کاربرد باکتری‌های سودوموناس باعث افزایش رشد در گیاهان شده است. همچنین در کاربرد مخلوط دوتایی باکتری با گیاه گزارش شد که تلقیح مخلوط دو سویه تأثیر بیشتری نسبت به تلقیح آن‌ها به صورت منفرد ندارد.

به طور کلی تنش‌های محیطی سبب اختلال در میزان ماده سازی و رشد گیاهان می شود. نیکالاو و همکاران (Nikalaeve et al., 2008) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک ریشه و بخش‌های هوایی شد.

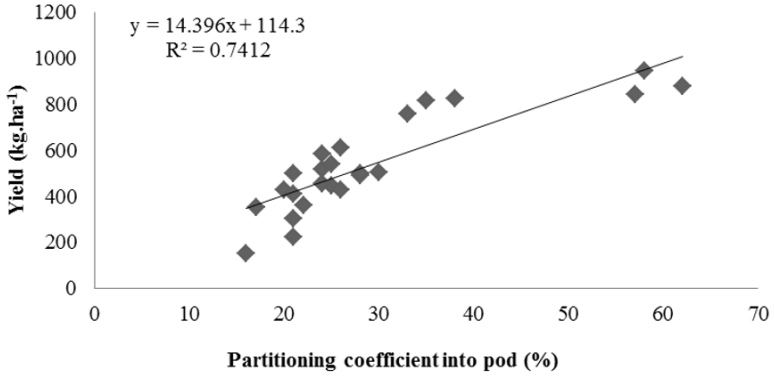
مهار رشد و به دنبال آن کاهش وزن تر و خشک گیاه در پاسخ به کمبود آب می‌تواند مدت دسترسی به آب موجود در خاک و زنده ماندن گیاه را افزایش دهد و به عنوان یک پاسخ سازگاری در نظر گرفته شود (Achard et al., 2006).

سازگاری با تنش که شانس گیاه را برای زنده ماندن تحت شرایط تنش‌زا، از طریق مهار رشد افزایش می‌دهد باعث کاهش اندازه گیاه و در نتیجه محدود شدن تولید محصول می‌شود. مهار رشد بخش‌های هوایی در مورد گیاهانی که در معرض دوره‌های کمبود آب متوسط قرار گرفته اند، قطعاً پاسخی در جهت مخالف تولید محصول می‌باشد. در چنین شرایطی، زنده ماندن گیاه ممکن است مورد تهدید جدی نباشد اما کاهش رشد بخش‌های هوایی در نتیجه تنش، تولید بالقوه محصول را محدود می‌کند (Neumann, 2008). در این مطالعه نیز کاهش سطوح ضریب تخصیص مواد به غلاف در شرایط تنش نسبت به عدم تنش مشهود بود.



شکل ۳- رابطه ضریب تخصیص مواد به غلاف با عملکرد کلزا در شرایط عدم تنش

Fig. 3–Relationship of partitioning coefficient into pod with yield of canola under non- stress condition



شکل ٤- رابطه ضریب تخصیص مواد به غلاف با عملکرد کلزا در شرایط تنش

Fig. 4- Relationship of partitioning coefficient into pod with yield of canola under stress condition

نتیجه‌گیری

کم بودن کارایی مصرف نور در شرایط خشکی به واسطه کم شدن فرآیند رشد، سطح برگ و دریافت و جذب نور خورشید کمتر در تمام ارقام مورد بررسی به دست آمد. تلقیح باکتری خصوصاً باکتری *سودوموناس فلورسنس* هم در شرایط تنش و عدم تنش شاید از طریق ایجاد کلونی در اطراف ریشه و جذب و نگهداری رطوبت و مواد غذایی بیشتر توانست اثر مثبتی بر کارایی مصرف نور داشته باشد. کاربرد همزمان باکتری *سودوموناس فلورسنس* و *سودوموناس پوتیدا* نتوانست تأثیر خوب بر کارایی مصرف نور داشته باشد. کاربرد باکتری به صورت مجزا اثر سینرژیک و تلفیق دو نژاد باکتری اثر آنتاگونیسمی بر روی کارایی ضریب تخصیص مواد به غلاف گذاشت. همچنین در اعمال تنش خشکی، مقدار ماده خشک تولیدی و میزان ضریب تخصیص مواد به غلاف کاهش یافت. این گونه به نظر می‌رسد که شاید بتوان ضریب تخصیص مواد به غلاف را مترادف با عملکرد اقتصادی دانست که نتایج این پژوهش همبستگی بالای بین ضریب تخصیص مواد به غلاف با عملکرد را نیز نشان داد. عوامل اکولوژیکی که بروی فیزیولوژی گیاه تأثیر می‌گذارد در سال‌ها و مکان‌های مختلف، متفاوت ظاهر می‌شود، پس تکرار آزمایش‌ها برای درک جامع‌تر رفتار باکتری *سودوموناس* در خشکی توصیه می شود.

منابع

1- Achard, P., Cheng, H., Degrauwe, L., Decat, J., Schoutteten, H. and Molitz, T. 2006. Integration of plant responses to environmentally activated phytohormonal signals. Science 311: 91-94.
2- Arvin,P., Azizi, M., and Soltani, A. 2009. Comparison of yield and physiological indices of spring cultivars of oilseed rape species. Seed and Plant Improvement Journal 3: 401-417 (In Persian with English Summery)
3- Arvin, P., Azizi, M., and Firuzeh, R. 2014. Study of dry matter partitioning into leaf, stem and pod at different oilseed rape cultivars. International Journal of Biosciences 4: 243-248.
4- Azizi, M., Soltani, A., and Khavari, S. 2006. Canola: Agronomy, Physiology, Breeding and Biotechnology. Jihad Daneshgahi Mashhad Publications, Iran (In Persian)
5- Azizi, M., and Arvin, P. 2008. Yield difference and radiation use efficiency in spring cultivars of oilseed rape. Electronic Journal of Crop Production 4: 35-50 (In Persian with English Summery)
6- Berry, M.P., and Spink, J.H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (Review). The Journal of Agricultural Science 199: 381-392.
7- Collino, D.J., Dardanelli, L.J., Sereno, R., and Racco, W.R. 2001. Physiological response of Argentine peanut varieties to water stress light interception, radiation use efficiency and, partitioning of assimilate. Field Crops Research 70: 177-184
8- Diepenbrock, W. 2000. Yield components of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Research 67: 35-49.
9- Defreitas, R.J., and Germida, J.J. 1990. Plant growth promoting *Rhizobacteria* for winter wheat. Canadian Journal of Microbiology 36: 265-272.
10- Earl, H.J., and Davis, R.F. 2003. Effect of drought stress on leaf and whole canopy radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal 95: 688-696.
11- Egamberdiyeva, D., Juraeva, D., Gafurova, L., and Hoflich, G. 2002. Promotion of plant growth of maize by plant growth-promoting bacteria in different temperatures and soils. 25th Annals of Southern Conservation Tillage Conference, Auburn, AL, USA, 24-26 June, p. 239-244.
12- Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy 88: 97-185.
13- Food and Agriculture Organization. 2007. National Strategy and Action Plan on Drought Preparedness, Management and Mitigation the Agriculture Sector Iran. Final Report 116 pp.
14- Hajebi, A., and Heydari Sharif Abad, H. 2005. Study effect of drought on growth and nodulation of three clovers species. Journal of Research and Construction 66: 13-22. (In Persian with English Summery)
15- Gallo, K.P., Craig, D., and Wiegand, C.L. 1993. Errors in the measuring absorbed radiation and computing crop radiation use efficiency. Agronomy Journal 85: 1222-1228.
16- Glick, B.R., Karaturoic, D.M., and Newell, P.C. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth promoting *Pseudomonads*. Canadian Journal of Microbiology 41: 533-536.
17- Nassiri, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A. 2007. Agroecology. Jihad Daneshgahi Mashhad Publications. Iran (In Persian)
18- Han, H., Li, Z., Ning, T., Zhang, X., Shan, Y., and Bai, M. 2008. Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China. Plant, Soil and Environment 54: 313-319.
19- Hu, Y., Zhang, Y.L., Yix, P., Zhan, D.X., Luo, H.H., Chow, W.S., and Zhang, W.F. 2014. The relative contribution of non-foliar organs of cotton to yield and related physiological characteristics under water deficit. Journal of Integrative Agriculture 13(5): 975-989.
20- Jichuan, W., Gao, S., Yuan, J., and Fuyu, M. 2012. Simulation of dry matter accumulation, partitioning and yield prediction in processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Australian Journal of Crop Science 6: 93-100.
21- Kloepper, J.W., Schroth, M.N., and Miller, T.D. 1987. Effects of rhizosphere colonization by plant growth-promoting rhizobacteria on potato plant development and yield. Ecology and Epidemiology 70: 1078-1082.
22- Kumar, A., Elston, J., and Singh, P. 1994. Leaf area growth of two *Brassica* species in response to water stress. Crop Research 8: 594-602.
23- Lambers, H., Chapin, F.S., and Pons, T.L. 2008.Plant physiological ecology. Springer publisher. 2nd Eds. 604 pp.

24- Latifi, N. 1995. Effect of water deficit on morphological traits, dry matter production, harvest index in after and before flowering stage of oilseed rape (*Brassica napus*). Agricultural Sciences and Technology 9(2):71-83 (In Persian with English Summery)
25- Lotfali Ayeneh, G.H.A. 2012. Guideness of planting, keeping and harvesting of canola in Khoozestan. Research and Education Organization of Khoozestan 35 pp. (In Persian)
26- Lucy, M., Reed, E., and Glick, B.R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie van Leewenhoek 86: 1-25.
27- Monneveux, P., and Belhassen, E. 1996. The diversity of drought adaptation in the wide. Plant, Growth Regulation 20: 85-92.
28- Mousavi, S.H., Vafabakhsh, J., and Sadr Abadi Haghighi, R. 2010. Effect of water deficit on water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in Mashhad condition. Journal of Agroecology 2(3): 486-491. (In Persian with English Summary)
29- Neumann, P.M. 2008. Coping mechanisms for crop plants in drought-prone environments. Annals of Botany 101: 901-907.
30- Nikolaeva, M.K., Maevskaya, S.N., Shugaev, A.G., and Bukbor, N.G. 2008. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. Plant Physiology 57: 87-95.
31- Patten, C.L., and Glick, B.R. 1996. Role of *Pseudomonas putida* indolacetic-3-acid in development of the host plant root system. Applied Environmental Microbiology 681: 3795-3801.
32- Purcell, C., BALL, R., Reaper, J.D., and Vories, E. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densities. Crop Science 42: 172-177.
33- Sinclair, T.R., Shiraiwa, T., and Hammer, G.L. 1992. Variation in crop radiation use efficiency with increased diffuse radiation. Crop Science 32: 1281-1284.
34- Soltani, A., Robertson, M.J., Rahemi-Karizaki, A., Poorreze, J., and H.Zarei, H. 2006. Modeling biomass accumulation and partitioning in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy Crop Science 192: 379-389.
35- Smith, M. 2000. The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. Agriculture and Forest Meteorology 103: 99-108.
36- Vafa Bakhsh, J., Nassiri Mahallati, M., and Koochaki, A. 2008. Effect of drought stress on radiation use efficiency on *Brassica* cultivars. Iranian Journal of Agriculture Research in Ira 6: 193-204 (In Persian with English Summery)
37- Whilhelm, W.W., Ruwe, K., and Schlemmer, M.R. 2000. Comparison of three leaf area index meters corn canopy. Crop Science 40: 1179-1183.
38- Rizzalli, R.H., Villalobos, J.F., and Orgaz, F. 2002. Radiation interception, radiation use efficiency and dry matter partitioning in garlic (*Allium sativum* L.). European Journal of Agronomy 18: 33-43.
39- Saglam, A., Kadioglu, A., Terzi, R., and Saruhun, T. 2008. Physiological changes in them in post-stress emerging *Ctenanthe setosa* plant under drought condition. Plant Physiology 55: 48-53.
40- Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. 2006. Radiation interception and Radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment. European Journal of Agronomy 25: 60-70.
41- Taiz, L., and Zeiger, E. 2010. Plant Physiology. Sinauer Associates Publish. Fifth Edition.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 1, Spring 2016, p. 134-152

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵، ص. ۱۵۲-۱۳۴

Study of Drought and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Radiation Use Efficiency and Dry Matter Partitioning Into Pod in Different Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.)

P. Arvin[1]* and J. Vafabakhsh[2]

Submitted: 28-01-2016
Accepted: 05-04-2016

Arvin, P., and Vafabakhsh, J. 2016. Study of drought and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on radiation use efficiency and dry matter partitioning into pod in different cultivars of *Brassica* oilseed rape. Journal of Agroecology 8(1): 134-152.

Introduction

Oilseed rape (*Brassica napus* L.) is one of the valuable oilseed crops which has been attracting attention in recent years (Arvin et al., 2011). Several factors such as water shortage, low relative humidity, heat and salinity can make drought stress. Radiation use efficiency and yield components are the effective factors of yield formation in oilseed rape. Drought tolerance in oilseed rape depends on other factors except radiation use efficiency. Studies have indicated that plant growth promoting rhizobacterias (PGPRs) has a direct effect on growth and they can cause resistance to the abiotic stress as well. Hence, considering the drought climate in Iran and the effects of PGPRs on increasing resistance to abiotic stress and relief of drought effects and the importance of the cultivation of oilseed rape in Iran, the present research was done with the goal of study of drought and some plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on radiation use efficiency and dry matter partitioning into pod in different cultivars of oilseed rape.

Materials and methods

The current study was done on the basis of two simultaneous experiments (under stress and non-stress experiments) during 2010- 2011 growing season at Agriculture and Natural Resources Research Station of Torogh, Mashhad is in East-North of Iran (36° N, 59° E, 1003 as).Two research sites (under stress and non-stress fields) were beside each other. This region has a semi-arid climate (annual rainfall 286 mm). The experimental design was factorial based on randomized compeletly block design with three replications in each experiment. The first treatment was plant growth promoting rizobactria, including B_0: no inoculation (control), B_1:co-inoculation (*Pseudomonas flourescens* 169+*P. putida* 108), B_2: inoculation with *P. flourescens* 169 and B_3: inoculation with *P. putida* 108. Second treatment was cultivar, including Hayola401 and Hayola330 cultivars belong to *Brassica napus*, Parkland and Goldrush cultivars belong to *B. rapa* and BP18 and landrace cultivars belong to *B.juncea* . Radiation use efficiency and the allocation coefficient of materials to pods were measured in the present study as well. In addition, analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS ver. 9.1 software.

Results and discussion

Radiation use efficiency

There were significant differences between stress and non-stress conditions in levels of bacteria, cultivar and bacteria × cultivar regarding radiation use efficiency. The outcomes showed that the coefficients of radiation use efficiency in each level (bacteria, cultivar and bacteria × cultivar) under non-stress condition was comparatively higher under stress condition. The interaction effects of bacteria × cultivar showed that *P. flourescens*× Goldrush under non-stress condition with 0.62±0.08 $dm.mg^{-1}$ had the most and two strains of bacteria× Landrace with 0.1±0.017 $dm.mg^{-1}$ had the least radiation use efficiency. Regarding bacteria level, Pseudomonas *flourescens* under non-stress condition with the average of 0.39±0.071 $dm.mg^{-1}$ had the highest radiation use efficiency. Hayola330 cultivar with 0.45±0.047 and Hayola401 cultivar with 0.39±0.038 $dm.mg^{-1}$ obtained the greatest RUE under non-stress condition and BP18 cultivar with 0.11±0.06 $dm.mg^{-1}$ revealed the lowest RUE under stress

1 and 2- Assistant professor,Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran and Assistant professor of Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: pooya.arvin@gmail.com)

condition. Both drought stress and simultaneous application with two strains of bacteria had negative effects on RUE.

Dry matter partitioning into pod

In this trial, considerable difference regarding pod partitioning coefficient revealed in the level of cultivar and bacteria × cultivar. The value of the pod partitioning coefficient under this investigation ranged from 0.9393± 0.084 under non-stress condition to 0.1634± 0.0210 under stress condition. Although inoculation treatment of bacteria had the synergy effect, co-inoculation treatment had the antagonistic effect of pod partitioning coefficient. Moreover, the rate of the pod partitioning coefficient lessened under drought condition. Berry & Spink (2006) and Arvin et al. (2014) stated that there were positive correlation between HI and partitioning photoasimilate in to economic organs. The results of the present study showed that dry matter partitioning into the pod with a final yield had a 91% positive correlation under non-stress and 74% under stress condition.

Conclusion

In conclusion, negative effects of drought and positive effects of application of bacteria on RUE and pod dry matter partitioning were obtained in this trail. The results illustrated that separate application of bacteria had synergy effect and conflation of two strains of bacteria had an antagonistic effect on both studied traits.

Keywords: Brassica napus, B. rapa, B. juncea, Pseudomonas strains

References

Arvin, P., Azizi, M., and Firuzeh, R. 2014. Study of dry matter partitioning into leaf, stem and pod at different oilseed rape cultivars. International Journal of Biosciences 4: 243-248.

Berry, M.P., and Spink, J.H. 2006. A physiological analysis of oilseed rape yield, past and future (Review). The Journal of Agricultural Science 199: 381-392.

Contents

Evaluation of Phytochemical Composition of Sahandian Savory (*Satureja sahandica* Bornm.) Essential Oils at Different Phenological Stages 1
H. Ghamari, M. Saidi, A. Ghaasemnejaad and A.R. Ghanbari

Studding Arvane-Bezghi (*Hymenocrater platystegius* Rech.f.) Different Ecotypes at Natural Habitat in Khorasan Razavi Province: Principal Component Analysis 17
M. Sabet Teimouri, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati

Effects of Oganic and Biofertilizers on Growth Indices of Castor Bean (*Ricinus communis* L.) 33
A. Amin Ghafori, P. Rezvani Moghaddam, M. Nassiri Mahallati and S. Khorramdel

Effects of Nitrogen and Different Intercropping Arrangements of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Pea (*Pisum sativum* L.) on Forage Yield and Competitive Indices 47
A. Nakhzari Moghaddam

Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* and Levels of Manure on Quantitative and Qualitative Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) 59
M. Shahraki, M. Dahmardeh, E. Khamari and A. Asgharzadeh

Evaluation of Forage Yield and Important Agronomic Indices of Corn Affected by Intercropping Systems with Peanut and Nitrogen Rates 70
M. Nabati Nasaz, A. Gholipouri and M. Mostafavi Rad

Competitive Ability of Lentil (*Lens culinaris* L.) Cultivars to Weed Interference under Rain-fed Conditions 82
J. Hamzei, M. Seyedi and M. Babaei

The Effects of Drought Stress on Yield, Yield Components and Anti-oxidant of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes with Different Planting Densities 95
S. Akbari, M. Kafi and S. Rezvan Beidokhti

The Effect of Chemical, Biological and Organic Nutritional Treatments on Sunflowers Yield and Yield Components under the Influence of Water Deficit Stress 107
F. Soleymani, G. Ahmadvand and A.A. Safari Sanjani

To Evaluate the Effect of Soil Physical and Chemical Characteristics on the Growth Characteristics of Saffron (*Crocus sativus* L.) Corms in Tornbat-e Heydariyeh Area 120
F. Zarghani, A. Karimi, R. Khorasani and A. Lakzian

Study of Drought and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Radiation Use Efficiency and Dry Matter Partitioning Into Pod in Different Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.) 134
P. Arvin and J. Vafabakhsh

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 8 No. 1 Spring 2016

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

Prof. 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– 38804654
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology