نشریه علمی - پژوهشی
بـوم شنـاسی کشاورزی

۲۰۰۸-۷۷۱۳

دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۶ شماره ۴

زمستان ۱۳۹۳

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 6 No. 4

Winter 2015

Agroecology

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

اثرات نحوه تغذیه نیتروژنی گیاه مادری و تلقیح باکتریایی بذور حاصله بر بهبود تحمل به شوری گندم در مرحله جوانه‌زنی ۶۸۹

حمیدرضا فلاحی، پرویز رضوانی مقدم، محمد بهزاد امیری، مهسا اقحوانی شجری و رستم یزدانی بیوکی

بررسی تنوع جوامع علف‌های‌هرز موجود در مزارع تحت کشت گیاهان علوفه‌ای در استان‌های مختلف کشور ۷۰۱

الهام عزیزی، لیلا علیمرادی و رضا قربانی

بررسی عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال اول پس از کشت در واکنش به تراکم کاشت و میزان کود دامی ۷۱۹

علیرضا کوچکی ، پرویز رضوانی مقدم، عبداله ملافیلابی و سید محمد سیدی

تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گل و دانه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) ۷۳۰

پرویز رضوانی مقدم، مسعود اکبرآبادی و فاطمه حسن زاده اول

بررسی چرخه درازمدت کربن و میزان ترسیب آن در سیستم کشاورزی ایران:I- تولید خالص اولیه و ورودی سالانه کربن برای محصولات زراعی مختلف ۷۴۱

مهدی نصیری محلاتی، علیرضا کوچکی، حامد منصوری و روح اله مرادی

اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی برخی ویژگی‌های اگروفیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط مشهد ۷۵۳

محسن جهان، مهدی نصیری‌محلاتی، فاطمه رنجبر، معصومه آریایی و نفیسه کمایستانی

ارزیابی کشت مخلوط تأخیری و مالچ کلشی بر عملکرد و اجزای عملکرد کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم و آبی ۷۶۷

علی مومن، رضا قربانی، مهدی نصیری محلاتی، قربانعلی اسدی و مهدی پارسا

بررسی امکان بهبود رشد ریشه دو رقم عدس(*Lens culinaris* L.) با استفاده از همزیستی میکوریزایی و *آزوسپریلیوم* تحت شرایط دیم ۷۷۹

صادق ملکی، فیاض آقایاری، محمدرضا اردکانی و فرهاد رجالی

اثر تداخل علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) بر سرعت ظهور برگ و عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) ۷۸۸

بهرام میرشکاری

بررسی برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش وحشی (*Origanum vulgare* subsp virid.) تحت تأثیر سطوح مختلف کود آزوکمپوست و اوره ۷۹۸

رستم یزدانی بیوکی، محمد بنایان اول، حمیدرضا خزاعی و حمید سودایی زاده

ارزیابی تنوع گیاهان کشاورزی و تأثیرگذاری عوامل مدیریتی در منطقه شکار ممنوع قراویز و نواحی حاشیه‌ای ۸۱۲

اشکان عسگری، کورس خوشبخت، سعید صوفی‌زاده و جعفر کامبوزیا

انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری ۸۲۳

سلمان دستان، افشین سلطانی، قربان نورمحمدی و حمید مدنی

مطالعه نیاز حرارتی، صفات رشدی و عملکرد دو گونه موسیرایرانی *Allium altissimum* Regel. و *A. hertifulium* Boiss. در تیمارهای مختلف تراکم، وزن پیاز و حذف ساقه گل‌دهنده ۸۳۶

سمیرا سبزواری، محمد کافی، محمد بنایان و حمید رضا خزاعی

ادامه در داخل جلد

نشریه علمی- پژوهشی بوم شناسی کشاورزی

جلد ۶ شماره ۴

زمستان ۱۳۹۳ Vol. 6 No. 4 Winter 2015

Agroecology

Contents

The study of nutritional management of mother plant and seed priming by biofertilizers on improve salinity tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) cv. Sayonz at germination period. 689

H.R. Fallahi, P. Rezvani Moghaddam, M.B. Amiri, M. Aghhavani-Shajari and R. Yazdani-Biuki

Investigation of weed community diversity in forage crop fields in different provinces of Iran 701

E. Azizi, L. Alimoradi and R. Ghorbani

Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting 719

A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, A. Mollafilabi and S.M. Seyyedi

The effect of organic fertilizers and different sowing dates on yield and yield components of flower and grain of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) 730

P. Rezvani Moghaddam, M. Akbar Abadi and F. Hassanzadeh Aval

Long term estimation of carbon dynamic and sequestration for Iranian agro-ecosystem: I- Net primary productivity and annual carbon input for common agricultural crops 741

M. Nassiri Mahalati, A. Koocheki, H. Mansoori and R. Moradi

The effects of super absorbent polymer application into soil and humic acid foliar application on some agrophysiological criteria and quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under Mashhad conditions 753

M. Jahan, M. Nassiri Mahallati, F. Ranjbar, M. Aryaee and N. Kamayestani

Evaluation the effects of relay intercropping of Styrian pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) with irrigated and rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) on yield and yield components as affected by chickpea residue mulch 767

A. Momen, R. Ghorbani, M. Nassiri Mahallati, G.A. Asadi and M. Parsa

Study of possibility of improving root growth of two lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars using symbiosis Mycorrhiza and Azospirillum under Rainfed Condition 779

S. Maleki, F. Aghayari, M. Ardakani and F. Rejali

Leaf appearance rate and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) as affected by interfering effects of lambsquarters (*Chenopodium album* L.) 788

B. Mirshekari

Investigating some quantitative and qualitative characteristics of wild marjoram (*Origanum vulgare* subsp. Virid.) as affected by different levels of azocompost and urea 798

R. YazdaniBiouki, M. BannayanAvval, H.R. Khazaei and H. Sodaeeizadeh

Evaluation of diversity in agricultural plants and effectiveness of management factors in non-hunting areas of Gharaviz and marginal regions 812

A. Asgari, K. Khoshbakht, S. Soufizadeh and J. Kambouzia

CO_2 emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems 823

S. Dastan, A. Soltani, G. Noormohamadi and H. Madani

Investigation of thermal requirement, growth and yield characteristics of two species of Persian shallot (*Allium altissimum* and *A. hertifulium*) in different density, bulb weight and flowering stem removing 836

S. Sabzevari, M. Kafi, M. Bannayan and H.R. Khazie

Continued inside the cover

نشریه بوم شناسی کشاورزی
دانشگاه فردوسی مشهد
با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد ٦ شماره ٤ زمستان ۱۳۹۳

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

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

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: ۲۵۰ نسخه
قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵
تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ **نمابر:** ۳۸۷۹۶۸۴۱-۰۵۱
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

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

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

اثرات نحوه تغذیه نیتروژنی گیاه مادری و تلقیح باکتریایی بذور حاصله بر بهبود تحمل به شوری گندم در مرحله جوانه‌زنی ۶۸۹

حمیدرضا فلاحی، پرویز رضوانی مقدم، محمد بهزاد امیری، مهسا اقحوانی شجری و رستم یزدانی بیوکی

بررسی تنوع جوامع علف‌های‌هرز موجود در مزارع تحت کشت گیاهان علوفه‌ای در استان‌های مختلف کشور ۷۰۱

الهام عزیزی، لیلا علیمرادی و رضا قربانی

بررسی عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال اول پس از کشت در واکنش به تراکم کاشت و میزان کود دامی ۷۱۹

علیرضا کوچکی ، پرویز رضوانی مقدم، عبداله ملافیلابی و سید محمد سیدی

تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گل و دانه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) ۷۳۰

پرویز رضوانی مقدم، مسعود اکبرآبادی و فاطمه حسن زاده اول

بررسی چرخه درازمدت کربن و میزان ترسیب آن در سیستم کشاورزی ایران:I- تولید خالص اولیه و ورودی سالانه کربن برای محصولات زراعی مختلف ۷۴۱

مهدی نصیری محلاتی، علیرضا کوچکی، حامد منصوری و روح اله مرادی

اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی برخی ویژگی‌های اگروفیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط مشهد ۷۵۳

محسن جهان، مهدی نصیری‌محلاتی، فاطمه رنجبر، معصومه آریایی و نفیسه کمایستانی

ارزیابی کشت مخلوط تأخیری و مالچ کلشی بر عملکرد و اجزای عملکرد کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم و آبی ۷۶۷

علی مومن، رضا قربانی، مهدی نصیری محلاتی، قربانعلی اسدی و مهدی پارسا

بررسی امکان بهبود رشد ریشه دو رقم عدس(*Lens culinaris* L.) با استفاده از همزیستی میکوریزایی و *آزوسپریلیوم* تحت شرایط دیم ۷۷۹

صادق ملکی، فیاض آقایاری، محمدرضا اردکانی و فرهاد رجالی

اثر تداخل علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) بر سرعت ظهور برگ و عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) ۷۸۸

بهرام میرشکاری

بررسی برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش وحشی (*Origanum vulgare* subsp virid.) تحت تأثیر سطوح مختلف کود آزوکمپوست و اوره ۷۹۸

رستم یزدانی بیوکی، محمد بنایان اول، حمیدرضا خزاعی و حمید سودایی زاده

ارزیابی تنوع گیاهان کشاورزی و تأثیرگذاری عوامل مدیریتی در منطقه شکار ممنوع قراویز و نواحی حاشیه‌ای ۸۱۲

اشکان عسگری، کورس خوشبخت، سعید صوفی‌زاده و جعفر کامبوزیا

انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری ۸۲۳

سلمان دستان، افشین سلطانی، قربان نورمحمدی و حمید مدنی

مطالعه نیاز حرارتی، صفات رشدی و عملکرد دو گونه موسیرایرانی *Allium altissimum* Regel. و *A. hertifulium* Boiss. در تیمارهای مختلف تراکم، وزن پیاز و حذف ساقه گل‌دهنده ۸۳۶

سمیرا سبزواری، محمد کافی، محمد بنایان و حمید رضا خزاعی

بررسی اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی سویا (*Glycine max* L.) تحت رقابت علف‌های‌هرز ۸۴۸

زهرا جوزایان، علیرضا یدوی، محسن موحدی دهنوی و عیسی مقصودی

اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mayz* L.) و تعیین بهره‌وری آب در شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان ۸۵۸

حمیدرضا سالمی، علیرضا توکلی و نادر حیدری

اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) ۸۷۰

عزیزه فرجی مهمانی، بهروز اسماعیل‌پور، فاطمه سفیدکن، بهلول عباس‌زاده، کاظم خاوازی و علیرضا قنبری

بررسی نظام‌های تولید و تنوع زیستی گیاهان دارویی و معطر در بوم نظام‌های کشاورزی استان قزوین ۸۸۰

لیلا تبریزی، پروین امینی کردکندی و کورس خوشبخت

بررسی و تعیین مقدار عناصر کم‌مصرف (منگنز، آهن و روی) و عناصر سنگین (کبالت، کادمیم و کروم) موجود در خاک مزارع زعفران (*Crocus sativus* L.) استان خراسان جنوبی ۸۹۱

محمدعلی بهدانی، محمدحسن سیاری، علی اله رسانی و علیرضا نخعی

مقایسه نظام‌های بهره‌برداری به لحاظ مصرف انرژی تولید سویا (*Glycine max* L.) در دشت مغان ۹۰۵

ابوالفضل برومند، محمد حسین آق‌خانی و حسن صدرنیا

پالایش گیاهی و تخمین زمان بهینه پالایش خاک‌های آلوده به کادمیم با استفاده از گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) ۹۱۶

سمیه عیسی زاده لزرجان، صفورا اسدی کپورچال و مهدی همایی

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

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۰۰-۶۸۹

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 689-700

اثرات نحوه تغذیه نیتروژنی گیاه مادری و تلقیح باکتریایی بذور حاصله بر بهبود تحمل به شوری گندم در مرحله جوانه‌زنی

حمیدرضا فلاحی[۱]، پرویز رضوانی مقدم[۲*]، محمد بهزاد امیری[۳]، مهسا اقحوانی شجری[۴] و رستم یزدانی بیوکی[۵]

چکیده

تنش شوری یکی از عوامل مهم کاهش رشد و عملکرد محصولات زراعی در ایران می‌باشد، از این رو شناخت راهکارهای مناسب جهت کاهش اثرات منفی آن دارای اهمیت است. در این راستا آزمایشی به منظور مطالعه اثرات تغذیه نیتروژنی گیاه پایه مادری و تلقیح باکتریایی بذور حاصله توسط کودهای زیستی، بر بهبود مقاومت به شوری گندم (*Triticum aestivum* L.cv sayonz) در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سطوح مختلف نیتروژن مصرفی بر روی گیاه مادری در مزرعه (شامل سطوح صفر، ۵۵، ۱۱۰ و ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، تلقیح بذور حاصله توسط کودهای زیستی (نیتراژین، بیوفسفر و عدم تلقیح) و سطوح مختلف تنش شوری (صفر، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال) بودند. نتایج نشان داد که تلقیح بذر توسط کودهای زیستی اثرات مثبتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی داشت، به طوری‌که بیشترین تعداد ریشه در گیاهچه (۲/۳۹ عدد)، طول ریشه‌چه (۵/۳۴ سانتی‌متر) و طول ساقه‌چه (۳/۵۶ سانتی‌متر) در تیمار تلقیح بذر توسط کود زیستی نیتراژین و کمترین مقدار این صفات در شاهد مشاهده گردید. همچنین کمترین مقدار متوسط زمان جوانه‌زنی در تیمار تلقیح بذر توسط بیوفسفر (۲/۸۹ روز) و بیشترین مقدار آن در شاهد (۳/۴۲ روز) به دست آمد. در بین سطوح نیتروژن مصرفی حداکثر مقدار فاکتورهای جوانه‌زنی در تیمارهای ۵۵ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد، به طوری‌که بیشترین سرعت جوانه‌زنی (۲/۵۹ بر روز)، تعداد ریشه‌چه در هر گیاهچه (۲/۳۴ عدد)، طول ریشه‌چه (۵/۷۵ سانتی‌متر) و متوسط وزن ریشه‌چه (۰/۰۰۲۲ گرم) در بذور حاصل از تیمار کاربرد ۵۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر روی گیاه مادری به دست آمد. همچنین با افزایش شدت تنش شوری تمامی فاکتورهای مربوط به جوانه زنی و رشد گیاهچه کاهش پیدا کرد. به طور کلی، نتایج این بررسی نشان داد که مصرف ۵۵ تا ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار همراه با تلقیح باکتریایی بذور حاصله توسط کودهای زیستی نیتراژین و بیوفسفر می‌تواند باعث بهبود فاکتورهای جوانه-زنی گندم تحت شرایط تنش شوری گردد.

واژه‌های کلیدی: درصد جوانه‌زنی، ریشه‌چه، ساقه‌چه، سرعت جوانه‌زنی، کود زیستی

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان مورد استفاده در رژیم غذایی بسیاری از مردم جهان بوده و در ایران به عنوان منبع عمده تأمین کالری و پروتئین مطرح می‌باشد، به طوری‌که ۷۵ درصد پروتئین مصرفی و ۶۵ درصد کالری دریافتی روزانه هر فرد از آن تأمین می‌شود (Komayli et al., 2006; Tuna et al., 2008). افزایش جمعیت جهان همراه با کاهش منابع آب شیرین و شور شدن زمین‌های زراعی ایجاب می‌کند تا در مورد روش‌های مقاومت گیاهان به شرایط نامناسب محیطی مطالعات بیشتری صورت گیرد. شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده است که رشد و توسعه گیاه را محدود کرده و باعث کاهش عملکرد بسیاری از محصولات زراعی در سراسر جهان شده است (Lutts et al., 2004; Yagmur & Kaydan, 2008; Fallahi et al., 2009). بر طبق گزارش‌ها بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی، در سراسر جهان تحت تأثیر تنش شوری می‌باشند که با توجه به نیاز روز افزون به مواد غذایی، بهره برداری از این اراضی اخیراً بیشتر مورد توجه قرار گرفته و در بسیاری از کشورها مانند پاکستان، استرالیا، خاورمیانه و شمال

۱، ۲، ۳، ۴ و ۵- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، عضو هیات علمی دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد، دانشجوی دکترای بوم‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانش‌آموخته دکتری بوم‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

آفریقا علاقه‌مندی به استفاده از اراضی شور افزایش یافته است (Song et al., 2008; Bennett et al., 2009). در ایران نیز بیش از ۲۴ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی تحت تأثیر تنش شوری قرار داشته و تحقیقاتی در زمینه بهره‌برداری از اراضی شور در حال اجرا می‌باشد (Amini et al., 2010).

جوانه‌زنی مرحله‌ای بحرانی در چرخه زندگی گیاهان است و تحمل به شوری در طی این مرحله برای استقرار گیاهان مهم می‌باشد، چرا که جوانه‌زنی ضعیف و کاهش رشد گیاهچه منجر به استقرار ضعیف و گاهی نابودی محصول می‌شود (Ungar, 1995; El-Keblawy & Al-Rawai, 2005; Soltani et al., 2006). تحقیقات متعددی نشان می‌دهد که جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه گندم مانند بسیاری از محصولات زراعی از تنش شوری اثر منفی می‌پذیرد (Hampson & Simpson, 1990; Iqbal et al., 1998; Almansouri et al., 2001; Amiri et al., 2010b). بر طبق برخی تحقیقات، کاربرد کودهای زیستی می‌تواند اثرات مثبتی بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در بعضی گیاهان داشته باشد (Yazdani et al., 2010). گزارش شده است که استفاده از باکتری‌های *آزوسپریلوم*، *ازتوباکتر*، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و حل کننده فسفات باعث افزایش فاکتورهای جوانه‌زنی در گیاهان (*Withania somniferum*) و (*Ocimum sanctum* L.) شد (Krishna et al., 2008). گزارشات دیگری نیز حاکی است که تلقیح بذر گندم توسط باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپریلوم* و *سودوموناس* باعث بهبود شاخص‌های رشد گیاهچه و مقاومت گیاه به تنش‌های خشکی و شوری گردید (Amiri et al., 2010 a,b,c). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه سبب بهبود شاخص‌های رشد گیاهچه‌ای ارقام مختلف گندم می‌شود (Fallahi et al., 2011b). گزارش‌های دیگری نیز حاکی است که تلقیح بذر توسط کود زیستی نیتراژین باعث افزایش مقاومت به خشکی گندم در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ای می‌شود (Fallahi et al., 2011a).

تحقیقات نشان می‌دهد که شرایط گیاه مادری، از قبیل قابلیت دسترسی به مواد غذایی در طی رشد گیاه و رسیدگی دانه، کیفیت بذر و قدرت جوانه‌زنی آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bai et al., 2003)، طوری که کاربرد نیتروژن کافی برای گیاه مادری باعث افزایش قوه نامیه گیاه گردیده و بذور حاصل از این گیاهان، دارای ذخایر غذایی بیشتری بوده و به هنگام بروز تنش نسبت به سایر بذور موفق‌تر عمل می‌نمایند (Hara & Toriyama, 1998; Yazdani et al., 2010). در مطالعه‌ای گزارش شد که مصرف ۲۴۰ کیلوگرم کود اوره روی گیاه پایه مادری باعث افزایش شاخص‌های جوانه‌زنی بذور حاصله و بهبود مقاومت به خشکی گندم در مرحله آغازین رشد می‌شود (Fallahi et al., 2011a).

با توجه به وسعت اراضی شور در ایران و ضرورت شناخت عوامل کاهش‌دهنده اثر تنش شوری و با عنایت به این که تاکنون مطالعات، کافی در مورد اثرات تغذیه‌ای گیاه مادری و نیز تلقیح بذر توسط کودهای زیستی در شرایط تنش شوری صورت نگرفته است، هدف از این تحقیق مطالعه نحوه تغذیه نیتروژنی گیاه مادری و تلقیح باکتریایی بذور حاصله در بهبود مقاومت به شوری گندم در آغازین مرحله رشد بود.

مواد و روش‌ها

به منظور تهیه بذر، آزمایشی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح مختلف کود نیتروژن (صفر، ۵۵، ۱۱۰ و ۱۶۵ کیلوگرم کود نیتروژن خالص در هکتار) بودند که در دو مرحله پنجه‌زنی و گل‌دهی مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۱). در مرحله رسیدگی گندم رقم سایونز، از تیمارهای ذکر شده عمل تهیه بذر صورت پذیرفت و جهت انجام آزمایشات بعدی در شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت.

جدول ۱- تیمارهای نیتروژن اعمال شده بر گیاه پایه مادری گندم در مزرعه و مقدار مصرف نیتروژن در هر تاریخ مصرف

Table 1- Applied nitrogen treatments on wheat mother plant in the field and used nitrogen rates at each date of application

تیمارهای نیتروژن بر اساس نیتروژن خالص(کیلوگرم در هکتار) Nitrogen treatments ($kg.ha^{-1}$)	نیتروژن مصرفی بر اساس اوره (کیلوگرم در هکتار) Used urea ($kg.ha^{-1}$)	اولین بار مصرف کود (کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) First fertilizer application ($kg.ha^{-1}$)	دومین بار مصرف کود (کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) Second fertilizer application ($kg.ha^{-1}$)
0	0	0	0
55.2	120	36.8	18.4
110.4	240	73.6	36.8
165.6	360	110.4	55.2

این آزمایش به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۸۸ به اجرا درآمد. فاکتورهای آزمایش عبارت از مقدار نیتروژن مصرفی در گیاه پایه مادری (شامل سطوح صفر، ۵۵، ۱۱۰ و ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، تلقیح بذر توسط کودهای زیستی (نیتراژین، بیوفسفر و شاهد) و سطوح مختلف تنش شوری (صفر، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگا پاسکال) بودند.

برای انجام تلقیح باکتریایی، بذور گندم حاصل از گیاهان تیمار شده با مقادیر متفاوت کود نیتروژن در مزرعه، به مدت ۱۲ ساعت در کودهای زیستی مورد آزمایش خیسانده شدند (Krishna et al., 2008). همچنین برای شاهد (عدم تلقیح با کود زیستی) از آب مقطر استفاده گردید. عمل تلقیح در سایه و در شرایط معمولی آزمایشگاه صورت پذیرفت و پس از آن بذور تلقیح شده به مدت دو ساعت در سایه و در دمای معمولی آزمایشگاه خشک شدند. کود زیستی نیتراژین به صورت مایع و دارای 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر از هر یک از باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلوم* و *سودوموناس* و کود زیستی بیوفسفر نیز به صورت مایع و حاوی 10^7 سلول زنده در هر میلی‌لیتر از باکتری‌های جنس *باسیلوس* و *سودوموناس* بودند. بذور تلقیح شده توسط کودهای زیستی، جهت انجام آزمایش پاسخ به شوری مورد استفاده قرار گرفتند. در این آزمایش برای اعمال تنش شوری از NaCl خالص ساخت شرکت مرک استفاده گردید. به منظور ایجاد سطوح تنش شوری صفر، ۰/۴-، ۰/۸- و ۱/۲- مگاپاسکال به ترتیب از صفر، ۶/۵۶، ۱۳/۱۲ و ۱۹/۶۸ گرم کلرید سدیم در یک لیتر آب مقطر استفاده شد.

به منظور مطالعه شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گندم ۲۰ بذر در هر پتری‌دیش مورد استفاده قرار گرفت و سپس جهت اعمال تیمارهای مختلف تنش شوری مقدار ۲/۵ میلی‌لیتر محلول نمک به هر پتری دیش اضافه و سپس پتری‌دیش‌ها دردمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در شرایط آزمایشگاه قرار داده شدند. شمارش بذرهای جوانه زده هر ۱۲ ساعت یک بار، به مدت هشت روز صورت گرفت. ملاک جوانه‌زنی بذرها، دارا بودن طول ریشه‌چه حدود دو میلی‌متر در نظر گرفته شد. در پایان روز هشتم صفات درصد جوانه‌زنی (GP[1])، تعداد ریشه‌چه در هر گیاهچه (RN[2])، طول ریشه‌چه (RL[3]) و طول ساقه‌چه (PL[4]) اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، ریشه‌چه و ساقه‌چه‌های جداسازی شده به مدت ۴۸ ساعت در آون و در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری و سپس با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم توزین گردیدند. به منظور محاسبه میانگین سرعت جوانه‌زنی (GR[5]) از معادله ماگویر (Maguire, 1962) و جهت تعیین متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT[6]) و شاخص جوانه‌زنی (GI[7]) از فرمول صالحزاده و همکاران (Salehzade et al., 2009) استفاده گردید.

آنالیز آماری داده‌های حاصله به کمک نرم افزار SAS version 9.1 صورت پذیرفت و جهت انجام مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

۱- درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی فاکتورهای مورد مطالعه بر درصد جوانه زنی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی در بذور حاصل از مصرف ۵۵ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (روی گیاه مادری) و کمترین آن با مصرف ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به دست آمد (جدول ۴). همچنین بیشترین مقدار درصد جوانه‌زنی در تیمار عدم اعمال تنش شوری (جدول ۲) و تلقیح بذر با کود زیستی نیتراژین مشاهده شد (جدول ۵). نتایج اثر متقابل نشان داد که کاربرد نیتراژین و مصرف ۵۵ تا ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث بهبود درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری گردید (شکل‌های ۱ و ۲ و جدول ۶).

اثر سطوح تنش شوری و کاربرد نیتروژن بر صفت سرعت جوانه-زنی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش سطح شوری مقدار سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت (جدول ۲)، ضمن این که حداکثر سرعت جوانه‌زنی با مصرف ۵۵ کیلوگرم نیتروژن و حداقل آن با مصرف ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد (جدول ۴). نتایج اثر متقابل نشان داد که در تمامی سطوح تنش شوری مصرف مقادیر ۵۵ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی گردید (شکل ۳).

اثرات کود نیتروژن مصرفی روی گیاه پایه مادری و سطوح تنش شوری بر شاخص جوانه‌زنی معنی دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. در مورد این صفت نیز تنش شوری اثر بازدارنده داشت (جدول ۲) و مصرف سطوح میانی کود نیتروژن باعث حداکثر مقدار شاخص جوانه‌زنی شد (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود نیتروژن مصرفی روی گیاه مادری و تلقیح بذور حاصله توسط کودهای زیستی ($p\leq$۰/۰۵) و نیز اثر تنش شوری ($p\leq$۰/۰۱) بر میانگین زمان جوانه‌زنی معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان‌دهنده افزایش متوسط زمان

1- Germination percentage
1- Radicle number
2- Radicle length
3- Plumle length

4- Germination rate
5- Mean germination time
6- Germination index

جوانه‌زنی بذر در اثر تنش شوری (جدول ۲) و کاهش آن در اثر کاربرد نیتروژن (جدول ۴) و کودهای زیستی (جدول ۵) بود. نتایج اثر متقابل نشان داد که مصرف کود نیتروژن روی گیاه مادری باعث کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی بذور حاصله در سطوح مختلف تنش شوری گردید (شکل ۴).

مطالعه اثرات سه‌گانه نشان داد که بیشترین مقدار درصد و سرعت جوانه‌زنی در تیمار کاربرد ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + استفاده از کود زیستی نیتراژین و شوری صفر مگا پاسکال و کمترین مقدار این صفات در تیمار کاربرد ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + عدم تلقیح باکتریایی و شوری ۱/۲- مگاپاسکال به دست آمد (جدول ۳). نتایج برخی تحقیقات نشان می‌دهد که بذور گندم حاصل از گیاهان مادری تغذیه شده با نیتروژن کافی، به علت دارا بودن مقدار پروتئین بیشتر و در نتیجه کیفیت و قوه نامیه بالاتر، درصد و سرعت جوانه‌زنی بیشتر و متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری را در مقایسه با بذور حاصل از تیمار عدم کاربرد نیتروژن دارا بودند (Warraich et al., 2002; Amiri et al., 2009; Yazdani et al., 2010). برای آغاز جوانه‌زنی بذر گندم و سایر تک‌لپه‌ای‌ها، اسید جیبرلیک بعد از سنتز در لپه[1] به لایه آلورون منتقل شده و در آنجا باعث تولید آنزیم‌های هیدرولیزکننده مانند آمیلاز، ریبونوکلئاز، پروتئاز، فسفاتاز و ۱، ۳- گلوکوناز می‌شود که مسئول هیدرولیز مواد ذخیره‌ای بذر شامل کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها و ترکیبات فسفردار هستند. این ترکیبات هیدرولیز شده در تولید بافت‌های گیاهچه‌ای در مرحله جوانه‌زنی بذر مورد استفاده واقع می‌شوند (Soltani et al., 2006). از آنجا که عنصر نیتروژن در ساختار این آنزیم‌ها نقش مهمی به عهده دارد، لذا مصرف نیتروژن کافی بر روی گیاه مادری باعث افزایش مقدار این عنصر در بذور حاصله و در نتیجه افزایش فاکتورهای جوانه‌زنی گندم می‌شود (Yazdani et al., 2010). نتایج مطالعات دیگری نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های *آزوسپریلوم* و *ازتوباکتر* موجب افزایش سرعت جوانه زنی و وزن خشک گیاهچه حاصله می‌شود (Dalla Santa et al., 2004; Amiri et al., 2010 a; Yazdani et al., 2010). گزارش شده است که دلیل احتمالی این موضوع با تولید هورمون‌هایی مانند جیبرلین و اکسین که محرک جوانه‌زنی و رشد هستند، توسط باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلوم* در ارتباط است (Yazdani et al., 2010).

اعمال تنش شوری باعث کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی گندم گردید. گزارش شده است که تنش شوری با محدود کردن جذب آب، کاهش تجزیه مواد ذخیره ای بذر و اختلال در سنتز پروتئین‌های ذخیره‌ای موجب کاهش جوانه‌زنی می‌شود (Ramagopal, 1990; Voigt et al., 2009). علاوه بر این سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر، نقش مهمی در کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی بذر دارد (Lynch & Lauchli, 1988; Hanslin & Eggen, 2005).

تعداد ریشه‌چه در هر گیاهچه، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تمامی فاکتورهای مورد مطالعه بر تعداد ریشه‌چه در گیاهچه گندم معنی‌دار ($p\leq۰/۰۱$) بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری تعداد ریشه‌چه به ازای هر گیاهچه کاهش یافت (جدول ۲). همچنین بیشترین تعداد ریشه‌چه در گیاهچه با کاربرد ۵۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر گیاه مادری و کمترین آن با کاربرد ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد (جدول ۴)، ضمن این‌که تلقیح بذور حاصله از گیاهان مادری با کود زیستی نیتراژین باعث افزایش تعداد ریشه‌چه در گیاهچه گردید (جدول ۵). نتایج اثر متقابل بیانگر افزایش تعداد ریشه‌چه موجود در هر گیاهچه با کاربرد کود زیستی نیتراژین در سطوح مختلف تنش شوری بود (جدول ۶).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح نیتروژن مصرفی روی گیاه مادری و اثر سطوح تنش شوری ($p\leq۰/۰۱$) و نیز تلقیح بذور حاصله از پایه‌های مادری توسط کودهای زیستی ($p\leq۰/۰۵$) بر صفت طول ریشه‌چه معنی‌دار بود. بر طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین با افزایش شدت تنش شوری طول ریشه‌چه کاهش یافت (جدول ۲)، در حالی‌که با مصرف مقدار ۵۵ کیلوگرم نیتروژن روی گیاهان مادری و تلقیح بذور توسط کودهای زیستی نیتراژین و بیوفسفر طول ریشه‌چه افزایش پیدا کرد (جدول‌های ۴ و ۵). بر طبق نتایج حاصل از اثرات متقابل، استفاده از کودهای زیستی به طور نسبی باعث بهبود طول ریشه‌چه در سطوح مختلف تنش شوری گردید (جدول ۶).

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار شوری بر طول ساقه‌چه بود ($p\leq۰/۰۱$). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با افزایش سطح تنش شوری طول ساقه‌چه کاهش یافت (جدول ۲) و کودهای زیستی باعث بهبود طول ساقه‌چه گردیدند (جدول ۵). نتایج اثر متقابل نشان داد که تلقیح بذر توسط کود زیستی نیتراژین باعث افزایش طول ساقه‌چه به خصوص در سطوح پایین تنش شوری گردید (جدول ۶).

تنش شوری بر صفت نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه اثر معنی‌داری ($p\leq۰/۰۱$) گذاشت. همچنین اثر کاربرد نیتروژن روی گیاه مادری بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در بذور حاصله معنی‌دار ($p\leq۰/۰۵$) بود. بیشترین مقدار این صفت در تیمار اعمال تنش ۰/۸- مگا پاسکال (جدول ۲) و کاربرد مقادیر ۵۵ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن بر روی گیاه مادری (جدول ۴) مشاهده شد.

1- Cotyledon

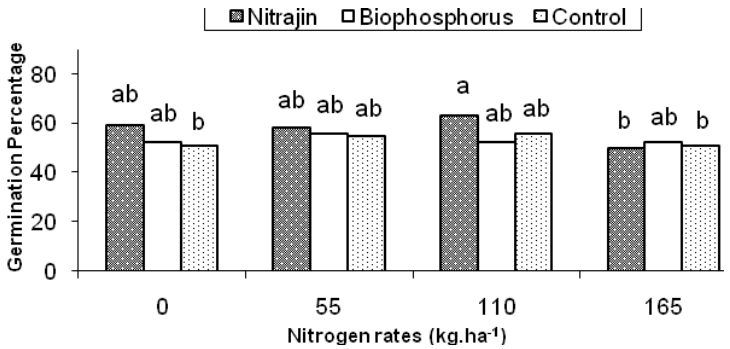
جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی گندم تحت سطوح متفاوت تنش شوری

Table 2- Mean comparison for germination indices under different salinity levels

سطوح تنش شوری (مگاپاسکال) Salinity levels (MPa)	درصد جوانه‌زنی Germination percentage (%)	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز) (%. Germination rate day^{-1})	شاخص جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination index (seed.day^{-1})	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)
0	67.77[a]*	2.81[b]	32.30[b]	2.74[b]
-0.4	50.00[b]	3.34[a]	39.44[a]	2.48[b]
-0.8	50.00[b]	1.21[c]	22.91[c]	3.44[a]
-1.2	46.00[b]	0.39[d]	9.57[d]	3.63[a]
	تعداد ریشه‌چه Radicle number	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) (mm) Radicle length	طول ساقه‌چه (میلی‌متر) Plumule length (mm)	طول ریشه‌چه/ طول ساقه‌چه Radicle length/ Plumule length
0	3.23[a]	14.37[a]	9.09[a]	1.61[b]
-0.4	3.27[a]	5.07[b]	3.84[b]	1.43[b]
-0.8	1.31[b]	0.53[c]	0.15[c]	2.97[a]
-1.2	0.83[c]	0.17[c]	0.08[c]	1.63[b]
	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weights (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weights (g)	وزن خشک کل (گرم) Total dry weight (g)	وزن خشک ریشه‌چه/ وزن خشک ساقه‌چه Radicle dry weights/Plumule dry weights
0	0.0048[a]	0.0077[a]	0.0126[a]	0.63[a]
-0.4	0.0028[b]	0.0037[b]	0.0065[b]	0.71[a]
-0.8	0.0001[c]	0.0002[c]	0.0003[c]	0.15[b]
-1.2	0[c]	0[c]	0[c]	0[b]

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

* Means with the same letters in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability.

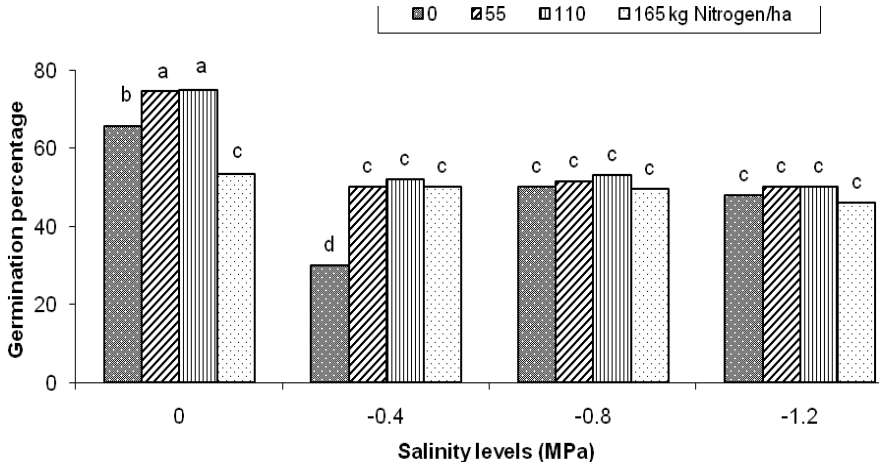


شکل ۱- اثر متقابل تیمارهای نیتروژن و کودهای زیستی بر درصد جوانه‌زنی گندم رقم سایونز

Fig. 1- Interaction effects of nitrogen and biofertilizers on germination percentage of wheat cv. Sayonz

میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at the 5% level of probability.

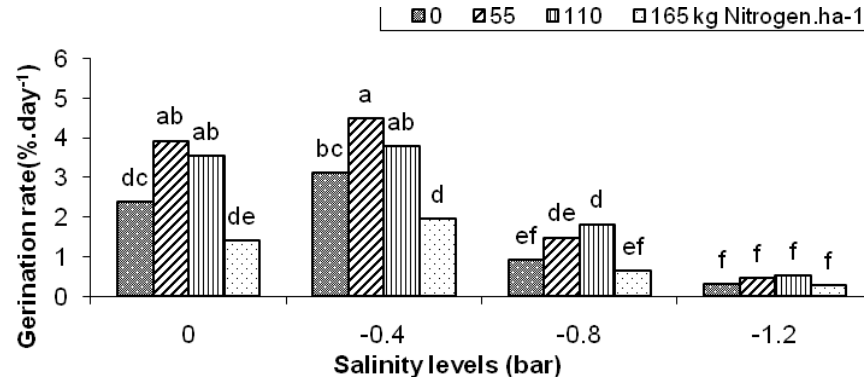


شکل ۲- اثر متقابل تیمارهای نیتروژن و شوری بر درصد جوانه‌زنی گندم رقم سایونز

Fig. 2- Interaction effects of nitrogen and salinity on germination percentage of wheat cv. Sayonz

میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at the 5% level of probability.



شکل ۳- اثر متقابل مقادیر نیتروژن و شوری بر سرعت جوانه‌زنی گندم رقم سایونز

Fig. 3- Interaction effects of nitrogen rates and salinity on germination rate of wheat cv. Sayonz

میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at the 5% level of probability.

گزارش شده است که هورمون‌های گیاهی که متأثر از مقدار نیتروژن مصرفی هستند، پاسخ گیاهان به محیط‌های شور را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Mansour, 2000) و لذا اثرات مثبت نیتروژن بر بهبود خصوصیات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را می‌توان با این موضوع مرتبط دانست.

در حالی‌که سطوح ۵۵ و ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاهچه گردیدند، سطح ۱۶۵ کیلوگرم دارای اثرات منفی بر این پارامترها بود که علت آن را می‌توان به بروز اثرات سمیت نیتروژن در مقادیر بالای مصرف نسبت داد که احتمالاً موجب عدم تعادل بین هورمون‌های جوانه‌زنی بذر شده است (Yazdani et al., 2010)، به طوری‌که نتایج تحقیق مشابهی حاکی از آن است که افزایش نیتروژن مصرفی روی گیاه مادری تا سطح ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار باعث بهبود مقاومت بذور حاصله به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه گردید، ولی افزایش بیشتر سطح نیتروژن مصرفی اثر منفی داشت (Amiri et al., 2010b).

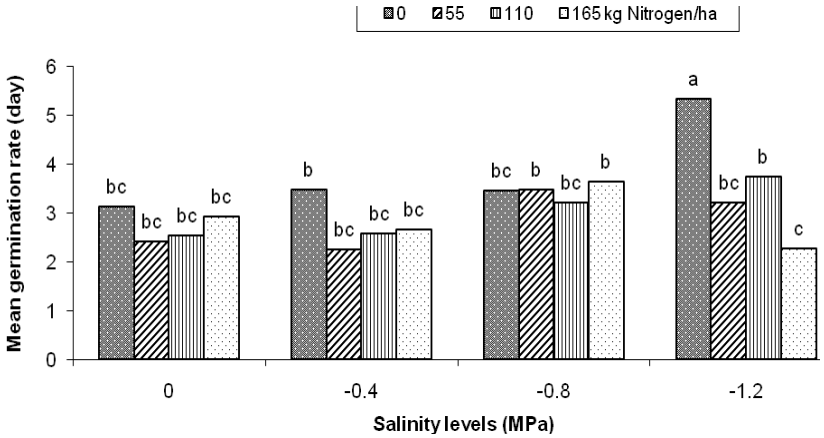
برخی میکروارگانیسم‌ها به خصوص باکتری‌ها و قارچ‌های مفید، باعث بهبود واکنش‌های گیاه تحت شرایط تنش می‌شوند (Kapoor et al., 2008). کود بیولوژیک نیتراژین دارای باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپریلوم* و *سودوموناس* است و تحقیقات نشان می‌دهد که تلقیح بذر غلات از جمله گندم با باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و

ازتوباکتر باعث افزایش سیستم ریشه‌ای و تعداد تار کشنده گیاه و در نتیجه جذب بهتر آب و مواد غذایی و در نهایت افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی و زمینی می‌شود (Dalla Santa et al., 2004; Kizilkaya, 2008). برخی مطالعات دیگر نیز نشان داده است که *ازتوباکتر* در تولید هورمون‌های رشد گیاهی مؤثر است (Remus et al., 2000; Kizilkaya, 2008) به نظر می‌رسد که بهبود خصوصیات رشد گیاهچه با افزایش تولید این هورمون‌ها توسط ریزجانداران موجود در کودهای زیستی در ارتباط باشد (Yazdani et al., 2010). نتایج تحقیقات مشابهی نیز نشان داده است که کاربرد کود زیستی نیتراژین باعث بهبود مقاومت گندم نسبت به تنش خشکی و شوری در مرحله رشد گیاهچه‌ای در مقایسه با شاهد گردید (Amiri et al., 2010 b,c). بر طبق نتایج آزمایش با افزایش سطح تنش شوری نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه روندی افزایشی در پیش گرفت (جدول۲) از آنجا که تنش شوری باعث اعمال خشکی فیزیولوژیک می‌گردد، لذا به نظر می‌رسد که این عمل جهت مقابله با شرایط کمبود آب صورت گرفته باشد، چرا که بسیاری از گیاهان در موقع مواجهه با تنش اسمزی اقدام به گسترش اندام‌های زیرزمینی خود کرده و نسبت اندام هوایی به اندام زیرزمینی را کاهش می‌دهند تا بتوانند با رویکرد تأمین آب توسط بخش وسیع‌تری از اندام زیرزمینی برای بخش کمتری از اندام هوایی تنش خشکی را تحمل کنند (Fallahi et al., 2009).

وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات مقادیر نیتروژن مصرفی روی گیاه مادری و سطوح تنش شوری اعمال شده بر بذور حاصله، بر صفت وزن خشک ریشه‌چه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از کاهش وزن خشک ریشه‌چه با افزایش شدت تنش شوری بود (جدول ۲). بیشترین و کمترین وزن خشک ریشه‌چه به ترتیب در تیمار مصرف ۵۵ و ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن روی گیاه مادری به دست آمد (جدول ۴). نتایج اثر متقابل نشان‌دهنده بهبود نسبی وزن خشک ریشه‌چه حاصل از گیاهان مادری تغذیه شده با ۱۱۰ کیلوگرم نیتروژن در سطوح مختلف تنش شوری بود (شکل ۵). نتایج مشابهی برای اثر متقابل کود زیستی و تنش شوری مشاهده شد، طوری که کودهای زیستی به طور نسبی در افزایش وزن خشک ریشه چه در سطوح پایین تنش شوری موفق عمل نمودند (جدول ۶).

اثر سطوح مختلف تنش شوری بر وزن خشک ساقه‌چه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود و با افزایش سطح تنش مقدار آن روندی کاهشی در پیش گرفت (جدول ۲). همچنین اثر سطوح نیتروژن مصرف شده بر گیاه مادری ($p\leq ۰/۰۵$) و تنش شوری ($p\leq ۰/۰۱$) بر صفت وزن خشک کل گیاهچه معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که شوری بر این صفت دارای اثر منفی بود (جدول ۲) و بیشترین و کمترین مقدار این صفت به ترتیب در تیمارهای مصرف ۵۵ و ۱۶۵ کیلوگرم نیتروژن روی گیاه مادری مشاهده شد (جدول ۴).



شکل ٤- اثر متقابل مقادیر نیتروژن و شوری بر میانگین سرعت جوانه‌زنی گندم رقم سایونز

Fig. 4- Interaction effects of nitrogen rates and salinity on mean germination rate of wheat cv. Sayonz

میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at the 5% level of probability.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی گندم تحت تأثیر اثر متقابل سطوح متفاوت نیتروژن، تنش شوری و کود زیستی

Table 3- Mean comparison for wheat germination indices under interaction of different levels of nitrogen, biofertilizer and salinity levels

تیمار Treatment	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی (در روز) Germination rate (%.day^{-1})	شاخص جوانه‌زنی Germination index (seed.day^{-1})	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination time (day)
N_0 $NITS_0$	83.33^{b}*	3.71^{abc}	42.82^{a-f}	2.79^{c-i}
N_0 $NITS_{-0.4}$	50.00^{de}	2.14^{c-i}	17.04^{c-l}	3.05^{b-i}
N_0 $NITS_{-0.8}$	50.00^{de}	0.96^{f-k}	13.52^{l-q}	1.41^{ghi}
N_0 $NITS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.25^{lm}	11.26^{i-q}	6.33^{a}
N_0 BPS_0	60.00^{cd}	1.83^{c-k}	27.04^{d-l}	3.61^{a-g}
N_0 $BPS_{-0.4}$	50.00^{de}	2.18^{c-f}	31.55^{a-j}	2.75^{c-i}
$N_0BPS_{-0.8}$	50.00^{de}	1.23^{e-m}	27.04^{e-m}	3.93^{a-f}
$N_0BPS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.41^{klm}	9.01^{m-q}	4.00^{a-f}
N_0CONS_0	53.33^{de}	1.62^{d-l}	22.53^{g-m}	2.97^{b-i}
$N_0CONS_{-0.4}$	50.00^{de}	5.05^{a}	40.56^{a-g}	1.59^{d-i}
N_0CON $S_{-0.8}$	50.00^{de}	0.52^{i-m}	15.77^{i-o}	5.02^{abc}
$N_0CONS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.26^{lm}	9.01^{n-q}	5.66^{ab}
$N55NITS_0$	80.00^{b}	3.68^{abc}	40.56^{a-g}	2.36^{c-i}
$N55NITS_{-0.4}$	50.00^{de}	5.41^{a}	56.34^{a}	1.61^{d-i}
$N55NITS_{-0.8}$	50.00^{de}	1.34^{e-m}	22.53^{g-n}	3.43^{a-h}
$N55NITS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.56^{h-m}	11.26^{m-q}	2.11^{d-i}
$N55BPS_0$	73.33^{b}	4.31^{ab}	36.06^{a-i}	1.53^{e-i}
$N55BPS_{-0.4}$	50.00^{de}	3.53^{abc}	51.83^{abc}	2.88^{b-i}
$N55BPS_{-0.8}$	50.00^{de}	1.18^{e-m}	22.53^{g-n}	3.41^{a-h}
$N55BPS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.55^{g-m}	13.52^{j-p}	3.52^{a-h}
$N55CONS_0$	70.00^{bc}	3.77^{b-e}	33.80^{a-i}	3.34^{b-h}
$N55CONS_{-0.4}$	50.00^{de}	4.52^{ab}	47.33^{a-e}	2.23^{d-i}
$N55CON$ $S_{-0.8}$	50.00^{de}	1.91^{c-j}	38.31^{a-h}	3.54^{a-g}
$N55CONS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.27^{lm}	6.76^{opq}	4.00^{a-f}
$N110NITS_0$	100.00^{a}	5.53^{a}	54.09^{ab}	2.16^{d-i}
$N110NITS_{-0.4}$	50.00^{de}	4.17^{ab}	51.83^{ab}	2.22^{d-i}
$N110NITS_{-0.8}$	50.00^{de}	2.16^{c-g}	36.06^{a-i}	2.99^{b-h}
$N110NITS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.43^{klm}	9.01^{n-q}	3.22^{c-i}
$N110BPS_0$	70.00^{cd}	2.16^{c-f}	27.04^{d-l}	2.22^{d-i}
$N110BPS_{-0.4}$	50.00^{de}	4.98^{ab}	49.58^{a-d}	1.93^{d-i}
$N110BPS_{-0.8}$	50.00^{de}	2.01^{c-j}	29.30^{b-j}	3.41^{a-h}
$N110BPS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.59^{g-m}	13.52^{j-p}	3.88^{a-f}
$N110CONS_0$	73.33^{b}	2.90^{b-e}	36.06^{a-i}	3.19^{b-h}
$N110CONS_{-0.4}$	50.00^{de}	2.21^{c-f}	38.31^{a-g}	3.54^{a-g}
$N110CONS_{-0.8}$	50.00^{de}	1.29^{e-m}	27.04^{d-l}	3.97^{a-f}
$N110$ $CONS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.51^{i-m}	11.26^{k-q}	4.08^{a-e}
$N165$ $NITS_0$	46.66^{e}	1.13^{f-m}	18.03^{h-o}	2.47^{c-i}
$N165NITS_{-0.4}$	50.00^{de}	1.41^{e-l}	20.28^{g-o}	2.41^{c-i}
$N165NITS_{-0.8}$	50.00^{de}	0.83^{f-m}	20.28^{f-o}	3.94^{a-f}
$N165NITS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.49^{j-m}	13.52^{j-p}	4.05^{a-d}
$N165BPS_0$	60.00^{cd}	2.10^{c-h}	27.04^{d-l}	2.51^{c-i}
$N165BPS_{-0.4}$	50.00^{de}	2.17^{c-f}	29.30^{b-j}	2.95^{b-i}
$N165BPS_{-0.8}$	50.00^{de}	0.58^{g-m}	11.26^{k-q}	3.41^{a-h}
$N165BPS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.28^{lm}	4.50^{pq}	1.08^{i}
$N165CONS_0$	53.33^{de}	0.99^{f-m}	22.53^{f-m}	3.75^{a-f}
$N165CONS_{-0.4}$	50.00^{de}	2.28^{c-f}	29.30^{b-k}	2.61^{c-i}
$N165CONS_{-0.8}$	50.00^{de}	0.55^{h-m}	11.26^{k-q}	3.58^{a-g}
$N165CONS_{-1.2}$	50.00^{de}	0.06^{m}	2.25^{q}	1.66^{hi}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

N= مقادیر نیتروژن، NIT= نیتراژین، S= شوری، BP = بیوفسفر، CON= شاهد

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability by using Duncan. * Control Biophosphorus, CON= Salinity, BP= Nitragine, S= Nitrogen rates, NIT= N=

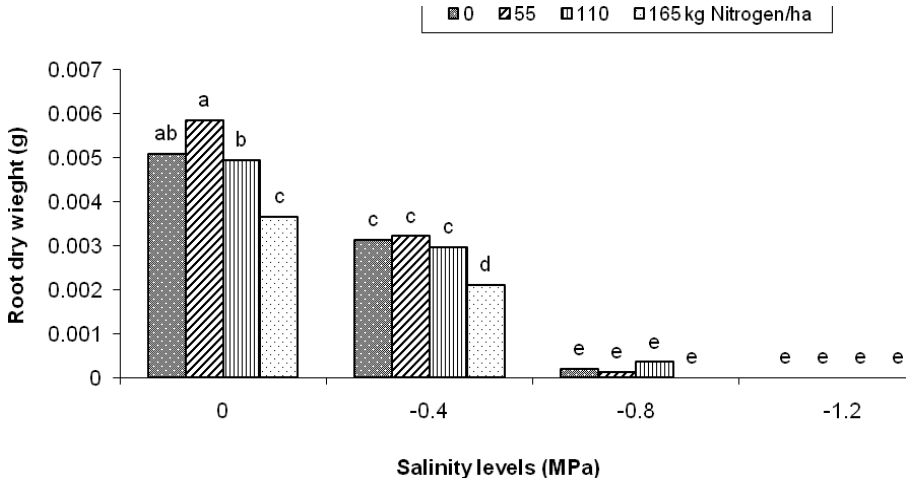
جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی گندم تحت تأثیر سطوح متفاوت نیتروژن مصرفی روی گیاه مادری

Table 4- Mean comparison for wheat germination indices under different levels of nitrogen used on mother plant

سطوح نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) Nitrogen levels ($kg.ha^{-1}$)	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز) Germination rate ($\%.day^{-1}$)	شاخص جوانه‌زنی (بذر در روز) Germination index ($seed.day^{-1}$)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination time (day)	تعداد ریشه‌چه Radicle number	طول ریشه‌چه (میلی‌متر) Radicle length (mm)	طول ریشه‌چه/ طول ساقه‌چه Radicle length/ Plumule length	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weights (g)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Plumule dry weights (g)
0	53.9^{a*}	1.68^{b}	23.10^{b}	3.59^{a}	2.32^{a}	4.93^{a}	1.72^{ab}	0.0020^{a}	0.0051^{a}
55	56.1^{a}	2.59^{a}	31.74^{a}	3.00^{ab}	2.34^{a}	5.76^{a}	2.03^{ab}	0.0022^{a}	0.0052^{a}
110	56.9^{a}	2.41^{a}	31.92^{a}	2.87^{b}	2.17^{a}	5.26^{a}	2.34^{a}	0.0020^{a}	0.0052^{a}
165	50.8^{b}	1.07^{c}	17.46^{c}	2.83^{b}	1.82^{b}	4.19^{b}	1.56^{b}	0.0014^{b}	0.0039^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری برای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

.Means with the same letters in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability *



شکل۵- اثر متقابل مقادیر نیتروژن و سطوح شوری بر وزن خشک ریشه‌چه گندم رقم سایونز

Fig. 5- Interaction effects of nitrogen rates and salinity levels on radicle dry weight of wheat cv. Sayonz

میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letter are not significantly different at the 5% level of probability.

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی گندم تحت تأثیر کودهای زیستی

Table 5- Mean comparison for wheat germination indices under different biofertilizers

کود زیستی Biofertilizer	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean Germination Time (day)	تعداد ریشه‌چه Radicle number	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)
نیتراژین Nitrajin	56.87^{a*}	2.91^{b}	2.39^{a}	5.34^{a}	3.56^{a}
بیوفسفر Biophosphorous	53.33^{b}	2.89^{b}	2.02^{b}	5.22^{ab}	3.29^{ab}
شاهد Control	53.12^{b}	3.42^{a}	2.07^{b}	4.55^{b}	3.01^{b}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

.* Means with the same letters in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability

جدول ٦- مقایسه میانگین شاخص‌های جوانه‌زنی گندم تحت تأثیر سطوح مختلف شوری و کودهای زیستی

Table 6- Mean comparison for wheat germination indices under different levels of salinity and biofertilizers

سطوح تنش شوری (مگاپاسکال) Salinity levels (MPa)	کود زیستی Biofertilizer	درصد جوانه‌زنی Germination (%)	تعداد ریشه چه Radicle number	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Plumule length (cm)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Radicle dry weights (g)
0	نیتراژین Nitrajin	77.5[a]*	3.5[b]	14.7[a]	9.4[a]	0.0046[b]
	بیوفسفر Biophosphorus	72[b]	3.2[b]	16[a]	9.8[a]	0.0054[a]
	شاهد Control	62[b]	3.1[b]	12.5[b]	8[b]	0.0045[b]
-0.4	نیتراژین Nitrajin	52[c]	4[a]	5.9[c]	4.6[c]	0.0032[c]
	بیوفسفر Biophosphorus	50[c]	2.8[b]	4.2[cd]	3.1[d]	0.0023[d]
	شاهد Control	49[c]	3[b]	5[cd]	3.7[cd]	0.0029[cd]
-0.8	نیتراژین Nitrajin	52[c]	1.4[c]	0.7[e]	0.2[e]	0.00021[e]
	بیوفسفر Biophosphorus	50[c]	1.2[cd]	0.4[e]	0.1[e]	0.00009[e]
	شاهد Control	49[c]	1.2[cd]	0.4[e]	0.1[e]	0.00013[e]
-1.2	نیتراژین Nitrajin	47[c]	0.9[d]	0.1[e]	0.08[e]	0[e]
	بیوفسفر Biophosphorus	46[c]	0.8[d]	0.2[e]	0.09[e]	0[e]
	شاهد Control	42[c]	0.8[d]	0.1[e]	0.08[e]	0[e]

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف یکسان تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability. *

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) تنش شوری بر نسبت وزن خشک ریشه‌چه به ساقه‌چه بود و بیشترین مقدار این صفت در تنش شوری ۰/۴- مگا پاسکال به دست آمد (جدول ۲). اثر بازدارندگی تنش شوری بر جوانه‌زنی بذر به علت اثر اسمزی و یا سمیت یونی است؛ این موضوع برای هالوفیت‌ها تنها به علت اثرات اسمزی بوده، اما در گیاهان غیرهالوفیت سمیت یونی نقش بیشتری دارا می‌باشد (Song et al., 2008). از طرفی اثرات یون‌های مضر موجود در محیط شور باعث ایجاد اختلال در متابولیسم سایر عناصر می‌گردد (Gorham, 1996). بر طبق نتایج آزمایش، تنش شوری بر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه گندم اثر منفی اعمال نمود (جدول ۲). گزارش شده است که گیاهان برای تحمل شوری نیاز به تنظیم اسمزی دارند و این مسئله در مرحله رشد گیاهچه‌ای نیز مشاهده شده است؛ یکی از راه‌های تنظیم اسمزی ساخت مواد آلی مانند سوربیتول، پرولین و گلایسین در بافت‌ها بوده و ساخت این مواد برای گیاهان با صرف انرژی همراه است، بنابراین انرژی مصرفی جهت تنظیم اسمزی باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (Penuelas et al., 1997; Karimi et al., 2004; Fallahi et al., 2009). نتایج تحقیقی مشابهی حاکی از آن است که کاربرد کودهای زیستی نیتراژین و بیوفسفر باعث افزایش طول و وزن خشک ریشه و اندام هوایی گندم در مرحله رشد گیاهچه‌ای گردید (Amiri et al., 2010). دلیل این مشاهده به تولید هورمون‌های رشد و ترکیبات فعال بیولوژیکی و در نتیجه تحریک تقسیم سلولی گیاهان تلقیح شده با باکتری‌های افزاینده رشد نسبت داده شده است (Kader et al., 2002; Zaied et al., 2003; Ravikumar., 2004; Amiri et al., 2010a). لذا به نظر می‌رسد که کاربرد ریزجاندارانی مانند باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* باعث بهبود شاخص‌های رشدی گیاهان در شرایط تنش‌های محیطی می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد کود نیتروژن بر روی گیاه مادری تا سطح ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار باعث بهبود مقاومت به شوری بذور حاصله به خصوص در سطوح پایین تنش شوری می‌شود. علاوه بر این کاربرد کودهای زیستی می‌تواند اثرات منفی تنش شوری را تخفیف داده و باعث بهبود وضعیت رشدی گیاهچه و در نتیجه استقرار مناسب‌تر گیاه گردد. در بین کودهای زیستی مورد مطالعه نیتراژین اثرات مثبت بیشتری بر جوانه‌زنی گندم داشت؛ به نحوی که در شرایط انجام تلقیح با این کود زیستی اکثر شاخص‌های جوانه‌زنی گندم حدود ۱۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش نشان دادند.

منابع

1- Almansouri, M., Kinet, J.M., and Lutt, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf). Plant and Soil 231: 243-254.

2- Amini, A., Vahhabzadeh, M., Majidi, E., Afiyouni, D., Tabatabaei, M.T., Saberi, M.H., Lotfali, G.A., and Ravari, Z. 2010. Grain yield stability and adaptability of bread wheat genotypes using different stability indices under salinity stress conditions. Seedling and Seed Breeding Journal 26(3): 397-411. (In Persian with English Summery)

3- Amiri, M.B., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., Fallahi, J., and Fallah-Poor, F. 2010a. Effects of biofertilizers on seedling growth of different cultivars of wheat. The First National Symposium on Agriculture and Sustainable Development. Islamic Azad University, 3-4 April, Shiraz p. 1302-1314. (In Persian)

4- Amiri, M.B., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Yazdani, R. 2010b. Effects of different levels of applied nitrogen on mother plant, drought stress and seed priming with bacteria on germination indexes in wheat cv. Sayonz. The First National of Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 27-28 February Birjand p. 149. (In Persian)

5- Amiri, M.B., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Yazdani, R. 2010c. Effects of mother plant nutritional management and biofertilizers on salinity resistance in wheat cv. sayonz. The First National of Environmental Stresses in Agricultural Sciences 27-28 February Birjand p. 150. (In Persian)

6- Bai, Y., Tischler, C.R., Booth, D.T., and Taylor, E.M. 2003. Variations in germination and grain quality within a rust resistant common wheat germplasm as affected by parental CO_2 conditions. Environmental and Experimental Botany 50: 159-168.

7- Bennett, S.J., Barrett-Lennard, E.G., and Colmer, T.D. 2009. Salinity and water logging as constraints to salt land pasture production: a review. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 349-360.

8- Dalla Santa, O.R., Hernandez, R.F., Alvarez, G.L.M., and Junior, P.R. 2004. *Azospirillum* sp. inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. Brazilian Archives of Biology and Technology 47(6): 843-850.

9- El-Keblawy, A., and Al-Rawai, A. 2005. Effects of salinity, temperature and light on germination of invasive *Prosopis juliflora* (Sw.) D.C. Journal of Arid Environments 61: 555-565.

10- Fallahi, J., Ebadi, M.T., and Ghorbani, R. 2009. The effects of salinity and drought stresses on germination and seedling growth of clary (*Salvia sclarea*). Environmental Stresses in Agricultural Sciences 1(1): 57-67. (In Persian with English Summery)

11- Fallahi, J., Rezvani Moghaddam, P., Khajeh Hosseini, M., Amiri, M.B., and Yazdani Biuki, R. 2011a. Effects of seed nourished by different levels of nitrogen, different biofertilizers and drought stress on germination indices and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum*) cv. Sayonz. 10thConference of the International Society for Seed Science, 10-15 April Brazil p. 205.

12- Fallahi, J., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R., Amiri, M.B., and Fallah Pour, F. 2011b. Effects of seed priming by biofertilizers on the growth characteristics of three wheat cultivars at the germination period under greenhouse condition. 10th Conference of the International Society for Seed Science, 10-15April Brazil p. 286.

13- Gorham, J. 1996. Mechanisms of salt tolerance of halophytes. In: Halophytes Ecologic Agriculture (eds: Allah, R.C., Nalcolm, C.V. and Aamdy, A.). p. 30-35. Marcel Dekker. Inc.

14- Hampson, C.R., and Simpson, G.M. 1990. Effects of temperature, salt and osmotic pressure on early growth of wheat (*Triticum aestivum*). I. Germination. Canadian Journal of Botany 68: 524-528.

15- Hanslin, H.M., and Eggen, T. 2005. Salinity tolerance during germination of seashore halophytes and salt-tolerant grass cultivars. Seed Science Research 15: 43-50.

16- Hara, Y., and Toriyama, K. 1998. Seed nitrogen accelerates the rates of germination, emergence, and establishment of rice plants. Soil Science and Plant Nutrition 44(3): 395-366.

17- Iqbal, N., Ashraf, H.Y., Javed, F., Iqbal, Z., and Shah, G.H. 1998. Effect of salinity on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 3(1): 226-227.

18- Janick, 2001. New Crops for 21st Century. In: Crop Science: Progress and Prospects. (Eds. J. Norsbarger, H.H. Giger, and P.C. Struik). p. 307-327. CABI. Publication, Wallingford, UK.

19- Kader, M.A., Main, M.H., and Hoque, M.S. 2002. Effects of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen

uptake by wheat. Journal of Biological Sciences 2: 259-261.
20- Kapoor, R., Sharma, S., and Bhatnagar, A.K. 2008. Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications. Scientia Horticulturae 116: 227-239.
21- Karimi, G., Haydari-Sharifabad, H., and Asareh, M.H. 2004. Effects of salinity on germination, seedling establishment and proline content in pasture species of *Atriplex verrucifera*. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research 12(4): 419-433. (In Persian with English Summery)
22- Kızılkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.
23- Komayli, H.R., Rashed Mohassel, M.H., Ghodsi, M., and Zare Fayzabadi, A. 2006. Evaluation of drought tolerance of new wheat genotypes under water stress conditions. Iranian Journal of Field crop Research 4(2): 301-314. (In Persian with English Summery)
24- Krishna, A., Patil, C.R., Raghavendra, S.M., and Jakati, M.D. 2008. Effect of bio-fertilizers on seed germination and seedling quality of medicinal plants. Karnataka Journal of Agriculture and Science 21(4): 588-590.
25- Lutts, S., Almansouri, M., and Kinet, J.M. 2004. Salinity and water stress have contrasting effects on the relationship between growth and cell viability during and after stress exposure in durum wheat callus. Plant Science 167: 9-18.
26- Lynch, J., and Lauchli, A. 1988. Salinity affects intercellular calcium in corn root protoplasts. Plant Physiology 87: 351-356.
27- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176-177.
28- Mansour, M.M.F. 2000. Nitrogen containing compound and adaptation of plants to salinity stress. Plant Biology 43: 491-500.
29- Penuelas, J., Isla, R., Filella, I., and Araus, J.L. 1997. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. Crop Science 37: 198-202.
30- Ramagopal, S. 1990. Inhibition of seed germination by salt and its subsequent effect on embryonic protein synthesis in barley. Journal of Plant Physiology 136: 621-625.
31- Remus, R., Ruppel, S., Jacob, H.J., Hecht-Buchholz, C., and Merbach, W. 2000.Colonization behavior of two enter bacterial strains on cereals. Biology and Fertility of Soils 30(5-6): 550-557.
32- Ravikumar, S., Kathiresan, K., Ignatiammal, S.T.M., Selvam, M.B., and Shanthy, S. 2004. Nitrogen-fixation Azotobacters from mangrove habitat and their utility as marine biofertilizers. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 15: 157-160.
33- Salehzade, H., Izadkhah Shishvan, M., Ggiyasi, M., Forouzani, F., and Abbasi Siyahjani, A. 2009.Effects of seed priming on germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). Research Journal of Biological Sciences 4(5): 629-631.
34- Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany 55: 195-200.
35- Song, J., Fan, H., Zhao, Y., Jia, Y., Du, X., and Wang, B. 2008. Effect of salinity on germination, seedling emergence, seedling growth and ion accumulation of a euhalophyte *Suaeda salsa* in an intertidal zone and on saline inland. Aquatic Botany 88: 331-337.
36- Tuna, A.L., Kaya, C., Higgs, D., Murillo-Amador, B., Aydemir, A.S., and Girgin, R. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. Environmental and Experimental Botany 62: 10-16.
37- Ungar, I.A. 1995. Seed Germination and Seed-bank Ecology of Halophytes. In: Kigel, J., Galili, G. (Eds.), Seed Development and Germination. Marcel Dekker Inc., New York, p. 599-629.
38- Voigt, E.L., Almeida, T.D., Chagas, R.M., Ponte, L.F.A., Viégas, R.A., and Silveira, J.A.G. 2009. Source–sink regulation of cotyledonary reserve mobilization during cashew (*Anacardium occidentale*) seedling establishment under NaCl salinity. Journal of Plant Physiology 166: 80-89.
39- Warraich, E.A., Basra, S.M.A., Ahmad, N., Ahmed, R., and Aftab, M. 2002. Effect of nitrogen on grain quality and vigor in wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture and Biology 4(4): 517-520.
40- Yagmur, M., and Kaydan, D. 2008. Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments. African Journal of Biotechnology 7(13): 2156-2162.
41- Yazdani, R., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Amiri, M.B., Fallahi, J., and Dayhimfar, R. 2010. Effects of seed nourished by different levels of nitrogen, different biofertilizers and drought stress on germination indices and seedling growth of wheat (*Tritium aestivum*) cv. Sayonz. Agroecology 2(1): 266-276. (In Persian with English Summery)
42- Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Afify, Aida, H., and Nassef, M.A. 2003. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(4): 344-358.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 718-701

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 701-718

بررسی تنوع جوامع علف‌های‌هرز موجود در مزارع تحت کشت گیاهان علوفه‌ای در استان‌های مختلف کشور

الهام عزیزی[1*]، لیلا علیمرادی[2] و رضا قربانی[3]

تاریخ دریافت: 1390/06/31
تاریخ پذیرش: 1391/04/31

چکیده

به منظور ارزیابی تنوع جوامع علف‌های هرز مزارع گیاهان علوفه‌ای شامل یونجه (*Medicago sativa* L.)، شبدر (*Trifolium* sp.) و اسپرس (*Onobrychis* spp.) استان‌های مختلف کشور، مطالعه‌ای با استفاده از اطلاعات منتشر شده سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی در سال 1387 انجام شد. پس از بررسی گونه‌های علف‌هرز و تعیین خانواده‌ها در مزارع موجود، این گونه‌ها بر اساس تنوع کارکردی در چهارگروه چرخه رویشی، شکل رویشی، مسیر فتوسنتزی و درجه سماجت طبقه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که تعداد گونه علف‌های‌هرز موجود در مزارع یونجه استان‌های کشور 37 گونه بود که این گونه‌ها متعلق به 18 خانواده متفاوت بودند. دو خانوادهٔ گندمیان (Poaceae) و کاسنی (Asteraceae) به ترتیب متنوع‌ترین خانواده علف‌های هرز تک‌لپه و دولپه در مزارع یونجه بودند. همچنین نه گونه علف‌هرز از پنج خانواده مختلف، در مزارع تحت کشت اسپرس مشاهده شد که در بین این خانواده‌های علف‌های‌هرز، بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به خانواده گندمیان بود. در مزارع شبدر استان‌های مختلف کشور نیز 20 گونه علف‌هرز مربوط به 11 خانواده گیاهی مشاهده شد که خانواده گندمیان با شش گونه و خانواده شب‌بوئیان (Brassicaceae) با چهارگونه، دارای بیشترین تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز بودند. بالاترین میزان شاخص تشابه از نظر علف‌های‌هرز مزارع یونجه (100 درصد) بین استان‌های آذربایجان غربی- اردبیل، آذربایجان غربی- زنجان، اردبیل- زنجان، آذربایجان غربی- کردستان، اردبیل- کردستان، زنجان- کردستان، زنجان- گیلان، کردستان- گیلان، آذربایجان غربی- گیلان و اردبیل- گیلان، مشاهده شد. بالاترین شاخص تشابه از نظر علف‌های‌هرز مزارع اسپرس (0/60) بین استان‌های آذربایجان غربی- آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی- فارس به دست آمد. بالاترین شاخص تشابه علف‌های‌هرز مزارع شبدر نیز بین استان‌های فارس و اصفهان به مقدار 0/50 به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسپرس، تنوع گونه‌ای، شاخص تشابه، شبدر، یونجه

مقدمه

بوم‌نظام‌های کشاورزی، محیط‌های تخریب شده‌ای هستند که معمولاً توسط کشاورزان به منظور حفظ نظام در مراحل اولیه توالی اکولوژیکی مدیریت می‌شوند. در این بوم‌نظام‌ها، صدها گونه گیاهی که از خاستگاه خود به مناطق دیگر جهان منتقل شده‌اند مورد کشت و کار قرار می‌گیرند (Long et al., 2000). افزایش تنوع گیاهی در بوم‌نظام‌های زراعی، با تقلید از فرایندهای بوم شناختی طبیعی منجر به استفاده مؤثر از منابع، افزایش تنوع زیستی و در نتیجه پایداری این نظام‌ها می‌شود (Gliessman, 1995). نقش علف‌های‌هرز در ایجاد و توسعه تنوع در نظام‌های کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، زیرا بسیاری از گیاهان زراعی رابطهٔ خویشاوندی نزدیکی با این گیاهان داشته و تبادل ژنتیکی بین آن‌ها صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، بسیاری از علف‌های‌هرز مأمن و جایگاه زندگی و تکثیر شکارچیان طبیعی آفات گیاهان زراعی، پرندگان و پستانداران کوچک می‌باشند (Adair & Groves, 1998; Altieri, 1999). حسین و همکاران (Hossain et al., 2002) بیان داشتند که علف‌های‌هرز با فراهم نمودن گرده، شهد، جایگاه مناسبی برای دشمنان طبیعی آفات می‌باشند، بنابراین مدیریت علف‌های‌هرز باید بر اساس موجودات زنده و کارکرد آن‌ها در بوم نظام انجام شود.

علف‌های‌هرز به طور مستقیم از طریق رقابت برای نور، آب، عناصر غذایی و فضا باعث کاهش عملکرد شده و از طریق آلودگی

1، 2 و 3- به ترتیب استادیار گروه زراعت، دانشگاه پیام نور، استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: Azizi40760@gmail.com)

نمونه‌های بذر برداشت شده، کیفیت محصول را کاهش می‌دهند (Rathke et al., 2006; Radosevich, 1997). البته درصد کمی از گونه‌های علف‌هرز، اثرات مخرب قابل ملاحظه‌ای دارند و اغلب گونه‌ها به ندرت باعث کاهش عملکرد شده و در افزایش تنوع گونه‌ای نقش دارند (Albercht, 2003). در دهه‌های اخیر به علت فشرده‌سازی در کشاورزی و استفاده از سموم، تنوع علف‌های‌هرز کاهش یافته است (Hyvönen & Salonen, 2002; Robinson & William, 2002; Hakansson, 2003; Potts et al., 2010). با این وجود مطالعات اخیر نشان داده است که افزایش تنوع علف‌های هرز می‌تواند تأثیر مثبتی بر کارکرد بوم نظام‌های زراعی داشته باشد (Albrecht, 2003; Norris & Kogan, 2005; Franke et al., 2009).

آلبرت (Albercht, 2003) اظهار داشت که علف‌های‌هرز زمین‌های زراعی گونه‌های کلیدی هستند که عدم حضور آن‌ها منجر به تغییرات جدی در زیستگاه و روابط زنجیره‌های غذایی می‌شود. حفظ جمعیت پایین علف‌های‌هرز در مزارع، پناهگاه‌های حیات وحش را بیشتر کرده و تنوع کارکردی چشم اندازهای زراعی را افزایش می‌دهد. البته باید این سودمندی با خطر کاهش تولید گیاه زراعی به علت رقابت با علف‌های‌هرز به تعادل برسد (Storkey & Cussans, 2007). گریک و مارتین (Grice & Martin, 2005) اظهار داشتند که مراتع و زمین‌های زیر کشت گیاهان علوفه‌ای در افزایش تنوع گیاهی و جانوری بوم نظام‌ها مؤثر می‌باشد. نامبردگان اظهار داشتند که گونه‌های گیاهی و جانوری مهاجم، تنوع زیستی مراتع استرالیا را تهدید کرده و تحت تأثیر قرار داده است. تجزیه و تحلیل اثر حاشیه مزرعه بر تنوع علف‌های‌هرز نشان داد که صرف نظر از نوع مدیریت، تنوع علف‌های‌هرز در حاشیه مزارع بیشتر از داخل مزرعه بود (Romero et al., 2007).

با توجه به اهمیت شناخت و مقایسه تنوع جوامع علف‌های‌هرز در بوم نظام‌های کشاورزی ایران این مطالعه به منظور بررسی تنوع علف‌های‌هرز در مزارع تحت کشت گیاهان علوفه‌ای در استان‌های مختلف کشور صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سطح مزارع یونجه (*Medicago sativa* L.)، شبدر (*Trifolium* sp.) و اسپرس (*Onobrychis* spp.) استان‌های کشور انجام شد. داده‌های حاصل از این تحقیق از اطلاعات منتشر شده سازمان حفظ نباتات وزارت جهاد کشاورزی استخراج شد. کد استان‌های مورد بررسی در جدول‌های 1 و 2 ذکر شده است.

جدول 1- راهنمای کد استان‌های مزارع یونجه موجود در کشور

Table 1- Identification code for provinces in alfalfa fields

کد Code	استان Province	کد Code	استان Province	کد Code	استان Province
1	آذربایجان شرقی East Azerbaijan	10	زنجان Zanjan	19	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyah-o-Boyerahmad
2	آذربایجان غربی West Azerbaijan	11	سمنان Semnan	20	گلستان Golestan
3	اردبیل Ardabil	12	سیستان و بلوچستان Sistan-o-Baluchestan	21	گیلان Gilan
4	اصفهان Isfahan	13	فارس Fars	22	لرستان Lorestan
5	بوشهر Boushehr	14	قم Qum	23	مازندران Mazandaran
6	تهران Tehran	15	قزوین Qazvin	24	مرکزی Markazi
7	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari	16	کردستان Kordestan	25	هرمزگان Hormozgan
8	خراسان Khorasan	17	کرمان Kerman	26	همدان Hamadan
9	خوزستان Khuzestan	18	کرمانشاه Kermanshah	27	یزد Yazd

جدول 2- راهنمای کد استان‌های مزارع اسپرس و شبدر موجود در کشور

Table 2- Identification code for provinces in sainfoin and clover fields

اسپرس Sainfoin		شبدر Clover	
کد Code	استان Province	کد Code	استان Province
1	آذربایجان شرقی East Azerbaijan	1	اصفهان Isfahan
2	آذربایجان غربی West Azerbaijan	2	خوزستان Khuzestan
3	اصفهان Isfahan	3	فارس Fars
4	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari	4	کرمانشاه Kermanshah
5	فارس Fars	5	گلستان Golestan
6	کرمان Kerman	6	همدان Hamadan

پس از بررسی گونه‌های علف‌هرز و تعیین خانواده‌ها در مزارع موجود، این گونه‌ها بر اساس تنوع کارکردی در چهار گروه چرخه رویشی (یک‌ساله، دوساله و چندساله)، شکل رویشی (تک‌لپه و دولپه)، مسیر فتوسنتزی (سه‌کربنه و چهارکربنه) و درجه سماجت (سمج و غیرسمج) طبقه‌بندی شدند (Koocheki et al., 2001; Poggio et al., 2004; Shimi & Termeh, 2000). پس از تعیین گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز موجود، به منظور تعیین درجه تشابه استان‌های کشور از نظر تنوع کارکردی آن‌ها در مزارع اسپرس، شبدر و یونجه، آنالیز کلاستر انجام شد و شاخص تشابه[1] بین استان‌های مختلف کشور از نظر گونه‌های علف‌هرز با استفاده از معادله (1) تعیین گردید (Poggio et al., 2004).

معادله (1)
$$SI = \frac{2Cij}{Ci + Cj}$$

که در این معادله، SI: شاخص تشابه، Cij: تعداد گونه‌های علف‌هرز مشترک بین دو استان مورد مقایسه، Ci: تعداد گونه‌های علف‌هرز استان اول، Cj: تعداد گونه‌های علف‌هرز استان دوم می‌باشد.

آنالیز کلاستر با استفاده از نرم‌افزار Minitab Ver. 14.1 و تعیین شاخص تشابه با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در جدول 3 نشان داده شده است، تعداد گونه علف‌های‌هرز ثبت شده در مزارع یونجه استان‌های کشور 37 گونه هستند که این گونه‌ها متعلق به 18 خانواده متفاوت می‌باشند. در مزارع یونجه، تعداد گونه‌های علف‌هرز پهن‌برگ (26 گونه) بیشتر از گونه‌های باریک‌برگ (10 گونه) بوده و یک گونه انگل سس (*Cuscuta* spp.) نیز شناسایی شد. از نظر مسیر فتوسنتزی، نه گونه موجود در این مزارع، چهارکربنه و 29 گونه سه‌کربنه بودند. همچنین نتایج نشان داد که گونه‌های یک‌ساله و چندساله به ترتیب با 20 و 16 گونه، رایج‌ترین گونه‌ها در این مزارع بودند و گونه‌های دوساله کمترین تنوع (یک گونه) را داشتند. به طور کلی، دو خانوادهٔ (Poaceae) و (Asteraceae) متنوع‌ترین خانواده علف‌های‌هرز به ترتیب تک‌لپه و دولپه در مزارع یونجه بودند. چنین به نظر می‌رسد که دلیل افزایش تنوع علف‌های‌هرز به ویژه علف‌های‌هرز دارای چرخه رویشی چندساله به علت عدم تخریب و دستکاری خاک برای چندین سال متوالی بوده است.

نه گونه علف‌هرز از پنج خانواده مختلف، در مزارع تحت کشت اسپرس مشاهده شد که در بین این خانواده‌های علف‌های‌هرز، بیشترین تنوع گونه‌ای مربوط به خانواده گندمیان (Poaceae) بود (جدول4). همچنین اغلب علف‌های‌هرز موجود در مزارع اسپرس دارای مسیر فتوسنتزی سه‌کربنه (شش گونه) بودند. نتایج نشان داد که چهار گونه علف‌هرز موجود در مزارع، دارای چرخه رویشی یک ساله و پنج گونه چندساله بودند.

در مزارع شبدر استان‌های مختلف کشور، 20 گونه علف‌هرز مربوط به 11 خانواده گیاهی مشاهده شد که خانواده گندمیان با شش گونه و خانواده شب‌بوئیان با چهار گونه، دارای بیشترین تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز بودند. از نظر مسیر فتوسنتزی نیز، 15 گونه علف‌هرز مسیر فتوسنتزی سه‌کربنه و پنج گونه مسیر فتوسنتزی چهارکربنه داشتند. در بین کلیه علف‌های‌هرز مزارع شبدر، 14 گونه دارای چرخه رویشی یک ساله و شش گونه دارای چرخه رویشی چند ساله بودند.

1- Similarity Index

جدول 3- گروه‌های کارکردی علف‌های هرز مزارع یونجه به تفکیک گونه و خانواده

Table 3- Functional groups of weed in alfalfa fields

علف‌های هرز مزارع یونجه Weeds of alfalfa fields	خانواده گیاهی Plant family	گروه‌های کارکردی Functional groups			
		شکل رویشی Vegetative form	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	چرخه رویشی Vegetative cycle	درجه سماجت Degree of noxiousness
Alhagi persarm Boiss.	بقولات Fabaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Alyssum hirsutum M. Bieb.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Amaranthus Spp.	تاج‌خروس Amaranthaceae	دولپه Dicotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Anchusa sp.	گاوزبان Boraginaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Avena fatua ludoviciana L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Capsella bursa-pastoris L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Cardaria draba L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Centaurea depressa M.Bieb.	کاسنی Asteraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Chenopodium album L.	اسفناج Chenopodiaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Convolvulus arvensis L.	پیچک Convolvulaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	سمج Noxious
Crepis sp.	کاسنی Asreraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Cuscuta spp.	سس Cuscutaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Cynodon dactylon L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	چندساله Perennial	سمج Noxious
Cyperus rotundus L.	جگنیان Cyperaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	چندساله Perennial	سمج Noxious
Echinocloa crus-galli L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Euphorbia sp.	فرفیون Euforbiaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Glycyrrhiza glabra L.	بقولات Fabaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Hordeum sp.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یکساله Annual	-
Lolium spp.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Malva spp.	پنیرک Malvaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Melilotus officinalis L.	بقولات Fabaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	دوساله Biennial	-
Phalaris spp.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یکساله Annual	-
Plantago major L.	بارهنگ Plantaginaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Poa annua L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-

Portulaca oleracea L.	خرفه Portulacaceae	دولپه Dicotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Raphanus rephanistrum L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Rubus spp.	گل سرخ Rosaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Rumex spp.	علف هفت‌بندیان Polygonaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Rumex spp.	علف هفت‌بندیان Polygonaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Salsola kali L.	اسفناج Chenopodiaceae	دولپه Dicotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Salvia sp.	نعناع Labiatae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Setaria viridis L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Sinapis arvensis L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Sisymbrium officinalis L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Solanum nigrum L.	بادمجانیان Solanaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Sorghum halopense L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	چندساله Perennial	سمج Noxious
Taraxacum syriacum Boiss	کاسنی Asteraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Tragopogon spp	کاسنی Asreraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-

جدول 4- گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز مزارع اسپرس به تفکیک گونه و خانواده

Table 4- Functional groups of weed in sainfoin fields

علف های هرز مزارع اسپرس Weeds of sainfoin fields	خانواده گیاهی Plant family	گروه‌های کارکردی Functional groups			
		شکل رویشی Vegetative form	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	چرخه رویشی Vegetative cycle	درجه سماجت Degree of noxiousness
Bromus Spp.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Cuscuta campestris L.	سس Cuscutaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Convolvulus arvensis L.	پیچک Convolvulaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	سمج Noxious
Crepis sp.	کاسنی Asreraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Cynodon dactylon L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه onocotyledonous	چهارکربنه C_4	چندساله Perennial	سمج Noxious
Malva spp.	پنیرک Malvaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Salvia sp.	نعناع Labiatae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Setaria viridis L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله nnual	-
Sorghum halopense L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	چندساله Perennial	سمج Noxious

جدول 5- گروه‌های کارکردی علف‌های هرز مزارع شبدر به تفکیک گونه و خانواده

Table 5- Functional groups of weed in clover fields

علف‌های هرز مزارع شبدر Weeds of clover field	خانواده گیاهی Plant family	گروه‌های کارکردی Functional groups			
		شکل رویشی Vegetative form	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	شکل رویشی Vegetative cycle	درجه سماجت Degree of noxiousness
Amaranthus spp.	تاج‌خروس Amaranthaceae	دولپه Dicotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Avena fatua ludoviciana L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Capsella bursa-pastoris L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Cuscuta spp.	سس Cuscutaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Chenopodium album L,	اسفناج Chenopodiaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Cichorium intybus L.	کاسنی Asreraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Convulvulus arvensis L.	پیچک Convolvulaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	سمج Noxious
Cynodon dactylon L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهار کربنه C_4	چندساله Perennial	سمج Noxious
Echinocloa crus-galli	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Glycyrrhiza glabra L.	بقولات Fabaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Lolium spp.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Malva spp.	پنیرک Malvaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Phalaris spp.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله annual	-
Portulaca oleracea L.	خرفه Portulacaceae	دولپه Dicotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Rapistrum rogosum L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Rubus spp.	گل سرخ Rosaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-
Setaria viridis L.	گندمیان Poaceae	تک‌لپه Monocotyledonous	چهارکربنه C_4	یک‌ساله Annual	-
Sinapis arvensis L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	سمج Noxious
Sisymbrium officinalis L.	شب‌بوئیان Brassicaceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	یک‌ساله Annual	-
Tragopogon spp.	کاسنی Asreraceae	دولپه Dicotyledonous	سه‌کربنه C_3	چندساله Perennial	-

همچنین بررسی علف‌های‌هرز از نظر درجه سماجت نشان داد که شش گونه هرز موجود در مزارع شبدر سمج بودند (جدول 5). چنین به نظر می‌رسد که مصرف کودهای شیمیایی، به ویژه کودهای نیتروژن از جمله عوامل مؤثر بر ترکیب و تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز در بوم-نظام‌ها محسوب می‌شود، به طوری‌که مصرف این کودها در درازمدت باعث غالبیت گونه‌های نیتروژن پسند با درجه سماجت بالا از قبیل یولاف (*Avena fatua* L.) خواهد شد (Koocheki et al., 2006).

جدول ٦- فراوانی گونه‌های خانواده‌های مختلف علف‌های هرز در مزارع یونجه استان‌های کشور

Table 6- Species number in different families of weeds in alfalfa fields of Iran provinces

استان Province / خانواده گیاهی Plant family	Amaranthaceae	Asteraceae	Boraginaceae	Brassicaceae	Cascutaceae	Chenopodia	Convolvulaceae	Cyperaceae	Euphorbiaceae	Labiatae	Leguminosa	Malvaceae	Plantaginace	Poaceae	Polygonacea	Portulacaceae	Rosaceae	Solanaceae	Total	Percentage
آذربایجان شرقی East Azerbaijan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	3.9
آذربایجان غربی West Azerbaijan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.3
اردبیل Ardabil	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.3
اصفهان Isfahan	-	-	-	1	1	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	6	7.9
بوشهر Boushehr	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3.9
تهران Tehran	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	5	6.6
چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari	-	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	3	3.9
خراسان Khorasan	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	3.9
خوزستان Khuzestan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3	3.9
زنجان Zanjan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.3
سمنان Semnan	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	1	6	7.9
سیستان و بلوچستان Sistan-o-Baluchestan	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	2	-	-	-	-	5	6.6
فارس Fars	1	-	-	1	1	2	1	-	-	-	1	-	-	4	-	-	-	-	11	14.5
قم Qum	1	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	5	6.6
قزوین Qazvin	-	-	-	-	1	-	1	1	-	1	-	-	-	9	-	-	-	-	13	17.1

ادامه جدول ٦- فراوانی گونه‌های خانواده‌های مختلف علف‌های هرز در مزارع یونجه استان‌های کشور

Continued table 6- Species number in different families of weeds in alfalfa fields of Iran provinces

خانواده گیاهی Plant family / استان Province	تاج خروس Amaranthaceae	کاسنی Asteraceae	گاوزبان Boraginaceae	شب بو Brassicaceae	سس Cuscutaceae	اسفناج Chenopodiaceae	پیچک Convolvulaceae	پالیزی Cyperaceae	فرفیون Euphorbiaceae	نعناعیان Labiatae	شبدر Leguminosae	مرکبان Malvaceae	بارهنگ Plantaginaceae	گندمیان Poaceae	علف هفت بندیان Polygonaceae	خرفه Portulacaceae	گل سرخ Rosaceae	بادنجانیان Solanaceae	کل Total	درصد Percentage
کردستان Kordestan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.3
کرمان Kerman	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	3	3.9
کرمانشاه Kermanshah	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	5	6.6
کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyah-o-Boyerahmad	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	3	3.9
گلستان Golestan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	5	6.6
گیلان Gilan	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1.3
لرستان Lorestan	-	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5	6.6
مازندران Mazandaran	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2.6
مرکزی Markazi	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	-	-	5	6.6
هرمزگان Hormozgan	-	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	4	5.3
همدان Hamadan	-	1	-	3	1	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	7	9.2
یزد Yazd	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	4	5.3
کل Total	3	4	1	12	22	8	5	3	2	2	4	2	1	39	1	39	1	1	76	100
درصد Percentage	3.9	5.3	1.3	15.8	28.9	10.5	6.6	3.9	2.6	2.6	5.3	2.6	1.3	51.3	1.3	51.3	1.3	1.3	100	

جدول ۷- فراوانی گونه‌های خانواده‌های مختلف علف‌های هرز در مزارع اسپرس استان‌های کشور

Table 7- Species number in different families of weeds in sainfoin fields of Iran provinces

خانواده گیاهی Plant family / استان Province	کاسنی Asteraceae	سس Cuscutaceae	پیچک Convolvulaceae	نعناعیان Labiatae	پنیرک Malvaceae	گندمیان Poaceae	کل Total	درصد Percentage
آذربایجان شرقی East Azerbaijan	-	-	-	-	-	3	3	15.8
آذربایجان غربی West Azerbaijan	-	-	1	1	1	4	7	36.8
اصفهان Isfahan	1	1	-	-	-	-	2	10.5
چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari	-	-	-	1	-	-	1	5.3
فارس Fars	-	1	1	-	-	2	4	21.1
کرمان Kerman	-	-	1	-	1	-	2	10.5
کل Total	1	2	3	2	2	9	19	100.0
درصد Percentage	5.3	10.5	15.8	10.5	10.5	47.4	100.0	

خانواده‌های مختلف علف‌های‌هرز و تعداد گونه‌های مشاهده شده از هر خانواده در سطح مزارع یونجه استان‌های مختلف، در جدول 6 نشان داده شده است. نتایج نشان داد که خانواده گندمیان، متنوع‌ترین خانواده علف‌های‌هرز بود و 51/3 درصد از کل گونه‌های علف‌های هرز کشور را شامل شد. در مقایسه استان‌های مختلف، استان‌های قزوین و فارس به ترتیب با 13 و 11 گونه دارای بیشترین تنوع گونه‌ای علف‌های‌هرز در سطح مزارع یونجه بودند. در بین خانواده‌های گیاهی مشاهده شده در این دو استان نیز، خانواده گندمیان با نه گونه در استان قزوین و چهار گونه در استان فارس دارای بیشترین تنوع گونه‌ای بود.

در مزارع اسپرس کل کشور، 19 گونه علف‌هرز متعلق به شش خانواده مختلف مشاهده شد که در بین آن‌ها خانواده گندمیان با 9 گونه علف‌های‌هرز (47/4 درصد از کل گونه‌های علف‌هرز مشاهده شده)، دارای بیشترین تنوع و فراوانی بود. در بین استان‌های مختلف نیز آذربایجان غربی با هفت گونه علف‌هرز از چهار خانواده مختلف، دارای بیشترین تنوع گونه‌ای و استان چهارمحال و بختیاری با یک گونه دارای کمترین تنوع علف‌های‌هرز بود (جدول 7).

مطالعه فراوانی گونه‌ها و خانواده‌های علف‌هرز مزارع شبدر استان‌های مختلف کشور نیز نشان داد که غالبیت گونه‌ای به دو خانواده گندمیان و شب‌بوئیان (Brassicaceae) به ترتیب با 30 و 23/3 درصد از کل علف‌های‌هرز کشور اختصاص یافت. در بین استان‌های مورد بررسی، استان فارس با هفت گونه علف‌هرز (23/3 درصد از کل علف‌های‌هرز مشاهده شده) دارای بیشترین تنوع گونه‌ای بود (جدول 8).

همان طور که در جدول 9 مشاهده می‌شود، بالاترین میزان شاخص تشابه از نظر علف‌های‌هرز مزارع یونجه (100 درصد) بین استان‌های آذربایجان غربی- اردبیل، آذربایجان غربی- زنجان، اردبیل- زنجان، آذربایجان غربی- کردستان، اردبیل- کردستان، زنجان- کردستان، زنجان- گیلان، کردستان- گیلان، آذربایجان غربی- گیلان و اردبیل- گیلان، مشاهده شد. سطح تشابه 67 درصد نیز در استان آذربایجان شرقی با استان‌های بوشهر، خراسان، سمنان، کهگیلویه و بویراحمد و استان مازندران با استان‌های آذربایجان غربی، اردبیل، گیلان، کردستان و نیز استان خراسان با بوشهر مشاهده شد.

جدول 8- فراوانی گونه‌های خانواده‌های مختلف علف‌های‌هرز در مزارع شبدر استان‌های کشور

Table 8- Species number in different families of weeds in clover fields of Iran provinces

خانواده گیاهی Plant family / استان Province	تاج خروس Amaranthaceae	کاسنی Asteraceae	شب بوئیان Brassicaceae	سس Cuscutaceae	اسفناج Chenopodiaceae	پیچک Convolvulaceae	بقولات Legominosae	پنیرک Malvaceae	گندمیان Poaceae	خرفه Portulacaceae	گل سرخ Rosaceae	کل Total	درصد Percentage
اصفهان Isfahan	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-	4	13.3
خوزستان Khuzestan	-	-	1	-	-	-	-	1	2	-	-	4	13.3
فارس Fars	-	-	-	1	-	1	-	-	2	-	-	4	13.3
کرمانشاه Kermanshah	1	-	2	1	1	-	-	-	2	-	-	7	23.3
گلستان Golestan	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	1	5	16.7
همدان Hamadan	-	2	3	-	1	-	-	-	-	-	-	6	20.0
کل Total	1	2	7	4	2	1	1	1	9	1	1	30	100.0
درصد Percentage	3.3	6.7	23.3	13.3	6.7	3.3	3.3	3.3	30.0	3.3	3.3	100.0	

جدول ۹- شاخص تشابه علف‌های‌هرز مزارع یونجه استان‌های مختلف کشور

Table 9- Similarity Index for weeds in alfalfa fields of Iran provinces

استان Province	آذربایجان شرقی East Azerbaijan	آذربایجان غربی West Azerbaijan	اردبیل Ardabil	اصفهان Isfahan	بوشهر Boushehr	تهران Tehran	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari	خراسان Khorasan	خوزستان Khuzestan	زنجان Zanjan	سمنن Semnan	سیستان و بلوچستان Sistan-o-Baluchestan	فارس Fars	قم Qum	قزوین Qazvin	کردستان Kordestan	کرمان Kerman	کرمانشاه Kermanshah	کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyah-o-Boyerahmad	گلستان Golestan	گیلان Gilan	لرستان Lorestan	مازندران Mazandaran	مرکزی Markazi	هرمزگان Hormozgan	همدان Hamadan	یزد Yazd
آذربایجان شرقی East Azerbaijan		0.50	0.50	0.22	0.67	0.50	0.33	0.67	0.33	0.50	0.67	0.25	0.43	0.00	0.38	0.50	0.33	0.50	0.67	0.50	0.50	0.25	0.40	0.25	0.00	0.20	0.57
آذربایجان غربی west Azerbaijan			1.00	0.29	0.50	0.33	0.50	0.50	0.50	1.00	0.29	0.00	0.17	0.00	0.14	1.00	0.50	0.33	0.50	0.33	1.00	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.40
اردبیل Ardabil				0.29	0.50	0.33	0.50	0.50	0.50	1.00	0.29	0.00	0.17	0.00	0.14	1.00	0.50	0.33	0.50	0.33	1.00	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.40
اصفهان Isfahan					0.22	0.36	0.22	0.22	0.22	0.29	0.33	0.00	0.35	0.55	0.21	0.29	0.22	0.18	0.22	0.18	0.29	0.36	0.25	0.18	0.00	0.31	0.60
بوشهر Boushehr						0.50	0.33	0.67	0.33	0.50	0.44	0.25	0.29	0.00	0.38	0.50	0.33	0.50	0.33	0.50	0.50	0.00	0.40	0.25	0.00	0.00	0.57
تهران Tehran							0.25	0.25	0.25	0.33	0.36	0.00	0.38	0.20	0.33	0.33	0.25	0.20	0.50	0.20	0.33	0.20	0.29	0.20	0.00	0.50	0.44
چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari								0.33	0.33	0.50	0.22	0.00	0.14	0.00	0.25	0.50	0.33	0.25	0.33	0.25	0.50	0.00	0.40	0.25	0.00	0.00	0.29
خراسان Khorasan									0.33	0.50	0.44	0.25	0.29	0.00	0.25	0.50	0.33	0.50	0.33	0.50	0.50	0.00	0.40	0.25	0.00	0.00	0.57
خوزستان Khuzestan										0.50	0.22	0.00	0.14	0.00	0.13	0.50	0.33	0.25	0.33	0.25	0.50	0.00	0.40	0.25	0.00	0.00	0.29
زنجان Zanjan											0.29	0.00	0.17	0.00	0.14	1.00	0.50	0.33	0.50	0.33	1.00	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.40
سمنان Semnan												0.18	0.47	0.18	0.42	0.29	0.22	0.36	0.44	0.36	0.29	0.18	0.25	0.18	0.00	0.33	0.40
سیستان و بلوچستان Sistan-o-Baluchestan													0.13	0.00	0.11	0.00	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22
فارس Fars														0.25	0.33	0.17	0.14	0.25	0.29	0.25	0.17	0.13	0.15	0.13	0.00	0.22	0.40
قم Qum															0.11	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.44
قزوین Qazvin																0.14	0.13	0.33	0.38	0.33	0.14	0.11	0.13	0.22	0.12	0.20	0.24
کردستان Kordestan																	0.50	0.33	0.50	0.33	1.00	0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.40
کرمان Kerman																		0.25	0.33	0.25	0.50	0.00	0.40	0.50	0.00	0.00	0.29
کرمانشاه Kermanshah																			0.25	0.40	0.33	0.00	0.29	0.20	0.22	0.17	0.44
کهگیلویه و بویراحمد Kohgiluyah-o-Boyerahmad																				0.50	0.50	0.25	0.40	0.25	0.00	0.40	0.29
گلستان Golestan																					0.33	0.00	0.29	0.20	0.00	0.17	0.44
گیلان Gilan																						0.00	0.67	0.33	0.00	0.00	0.40
لرستان Lorestan																							0.00	0.20	0.00	0.33	0.00
مازندران Mazandaran																								0.29	0.00	0.00	0.33
مرکزی Markazi																									0.00	0.00	0.22
هرمزگان Hormozgan																										0.00	0.00
همدان Hamadan																											0.18
یزد yazd																											

شاخص تشابه استان‌های مختلف از نظر علف‌های‌هرز مزارع اسپرس در جدول 10 نمایش داده شده است. بالاترین شاخص تشابه (0/60) بین استان‌های آذربایجان غربی- آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی- فارس مشاهده شد. استان‌های آذربایجان غربی- اصفهان، آذربایجان شرقی- اصفهان، کهگیلویه و بویراحمد- آذربایجان شرقی، کهگیلویه و بویراحمد- اصفهان ، فارس- اصفهان، فارس- کهگیلویه و بویراحمد، کرمان- آذربایجان شرقی، کرمان- اصفهان و کرمان- کهگیلویه و بویراحمد هیچ شباهتی از نظر تنوع علف‌های‌هرز نداشته و دارای شاخص تشابه صفر بودند.

بالاترین شاخص تشابه علف‌های‌هرز مزارع شبدر نیز بین استان‌های فارس و اصفهان به مقدار 50 درصد به دست آمد. استان‌های کرمانشاه و اصفهان نیز دارای شاخص 0/36 بوده و از نظر تشابه، رتبه دوم را به خود اختصاص دادند. استان‌های اصفهان- خوزستان، فارس- خوزستان، گلستان- خوزستان، همدان- خوزستان، همدان- فارس و همدان- گلستان هیچ شباهتی از نظر گونه‌های علف‌های هرز نداشته و دارای شاخص تشابه صفر بودند. استان خوزستان به علت اقلیم متفاوت، دارای شاخص تشابه پایینی در مقایسه با سایر استان‌های کشور بود (جدول 11).

جدول10- شاخص تشابه علف‌های‌هرز مزارع اسپرس استان‌های مختلف کشور

Table 10- Similarity Index for weeds in sainfoin fields of Iran provinces

استان Province	آذربایجان شرقی East Azerbaijan	آذربایجان غربی west Azerbaijan	اصفهان Isfahan	چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari	فارس Fars	کرمان Kerman
آذربایجان شرقی East Azerbaijan		0.60	0.00	0.00	0.33	0.00
آدربایجان غربی west Azerbaijan			0.00	0.25	0.60	0.44
اصفهان Isfahan				0.00	0.00	0.00
چهارمحال و بختیاری Chaharmahal-o-Bakhtiari					0.00	0.00
فارس Fars						0.40
کرمان Kerman						

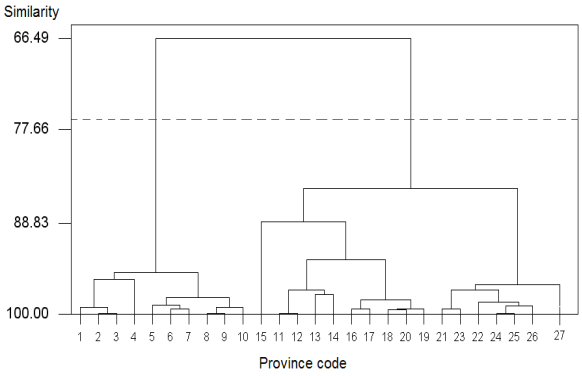
جدول11- شاخص تشابه علف‌های‌هرز مزارع شبدر استان‌های مختلف کشور

Table 11- Similarity Index for weeds in clover fields of Iran provinces

استان Province	اصفهان Isfahan	خوزستان Khuzestan	فارس Fars	کرمانشاه Kermanshah	گلستان Golestan	همدان Hamadan
اصفهان Isfahan		0.00	0.50	0.36	0.22	0.20
خوزستان Khuzestan			0.00	0.18	0.00	0.00
فارس Fars				0.18	0.22	0.00
کرمانشاه Kermanshah					0.17	0.15
گلستان Golestan						0.00
همدان Hamadan						

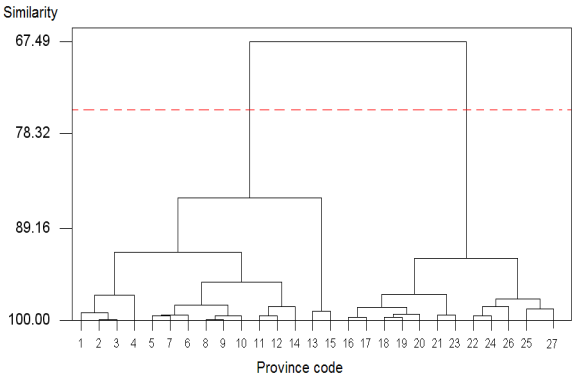
در مقایسهٔ استان‌های مختلف کشور از نظر تشابه گونه‌های مختلف علف‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ مزارع یونجه، در سطح تشابه 75 درصد، دو گروه مشاهده شد، به طوری‌که گروه اول شامل استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، اصفهان، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، خوزستان و زنجان بود. استان‌های سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قم، قزوین، کردستان، کرمان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران، مرکزی، هرمزگان، همدان و یزد درگروه دوم قرار گرفتند. عمدهٔ جمعیت علف‌های‌هرز متعلق به پهن‌برگ‌ها بود که بیشترین تنوع علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ به ترتیب در استان‌های فارس و قزوین مشاهده شد (شکل 1). مزارع یونجه استان‌های کشور از نظر تشابه علف‌های‌هرز یک ساله، دو ساله و چند ساله در سطح تشابه 75 درصد، در دو گروه قرار گرفتند. استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، اصفهان، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، خوزستان، زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قم، قزوین در یک گروه و استان‌های دیگر در یک گروه مجزا قرار گرفتند. بیشترین تنوع علف‌های‌هرز یک ساله و چند ساله در استان فارس مشاهده شد (شکل 2). مزارع یونجه استان‌های کشور، در سطح تشابه 75 درصد، از لحاظ تنوع گونه‌های C_3 و C_4 علف‌های‌هرز در دو گروه قرار گرفتند به طوری‌که استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، اصفهان، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، خوزستان و زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس، قم و قزوین در یک گروه و دیگر استان‌ها در گروه مجزا قرار گرفتند (شکل 3). در بررسی مزارع یونجه استان‌های مختلف از نظر درجه تشابه علف‌های‌هرز سمج و غیرسمج دو گروه مشاهده شد. گروه اول شامل استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، اصفهان، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، خوزستان و زنجان بود و استان‌های دیگر در گروه دوم قرار گرفتند (شکل 4).

به طور کلی، در مقایسه کلیهٔ گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز در مزارع یونجه، در سطح تشابه 75 درصد، کلیهٔ استان‌های کشور در سه گروه مجزا قرار گرفتند. در گروه اول استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، اصفهان، بوشهر، تهران، چهارمحال و بختیاری، خراسان، خوزستان و زنجان، سمنان، سیستان و بلوچستان، فارس و قم و در گروه دوم استان‌های کردستان، کرمان، کرمانشاه، کهگیلویه و بویراحمد، گلستان، گیلان، لرستان، مازندران، مرکزی، هرمزگان، همدان و یزد قرار گرفتند. قزوین به تنهایی در یک شاخه مجزا قرار گرفت (شکل 5).



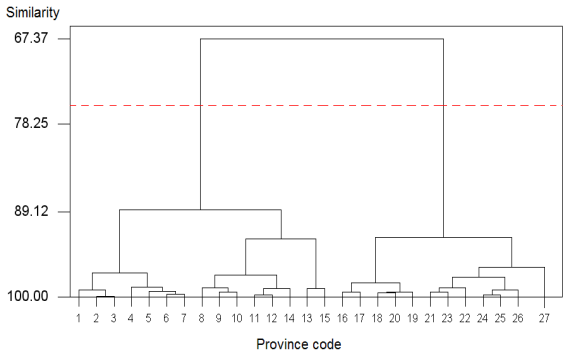
شکل 1- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ مزارع یونجه

Fig. 1- Clusters of different provinces for similarity of broad and narrow leave weeds in alfalfa fields



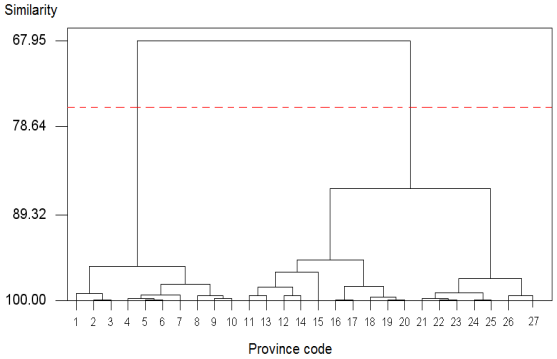
شکل2- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز یک‌ساله، دوساله و چندساله مزارع یونجه

Fig. 2- Clusters of different provinces for similarity of annual, biennial and perennial weeds in alfalfa fields



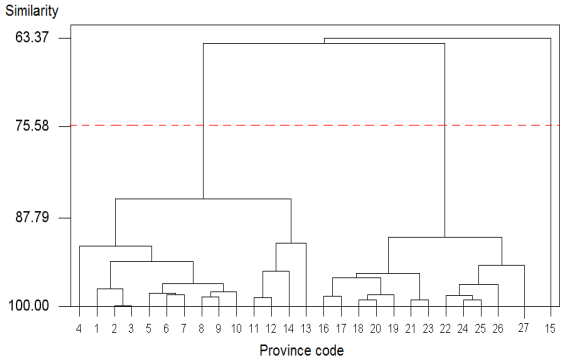
شکل 3- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز سه‌کربنه و چهارکربنه مزارع یونجه

Fig. 3- Clusters different provinces for similarity in C_3 and C_4 weeds in alfalfa fields



شکل 4- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز سمج مزارع یونجه

Fig. 4- Clusters of different provinces for similarity of weed noxiousity in alfalfa fields



شکل5- درصد تشابه کل گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز مزارع یونجه

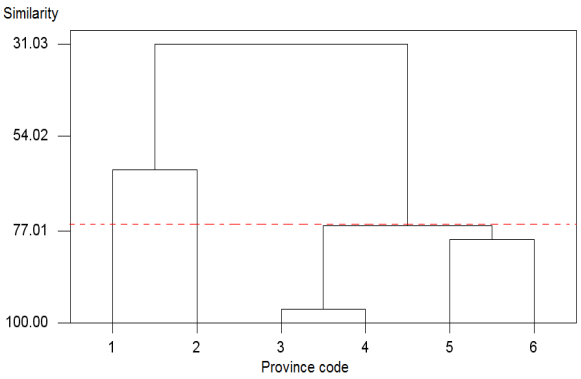
برای شناسایی کد استان‌ها به جدول 1 مراجعه شود.

Fig. 5- Similarity level for weeds functional groups in alfalfa fields

See table 1 for identification code.

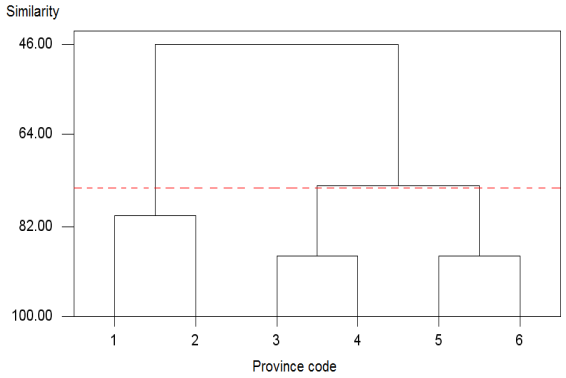
در گروه‌بندی مزارع اسپرس استان‌های مختلف کشور از نظر تشابه علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ، چهار گروه مشاهده شد. استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری یک گروه و استان‌های فارس و کرمان گروه دیگر را تشکیل دادند. استان‌های آذربایجان غربی و شرقی نیز در دو شاخه مجزا قرار گرفتند (شکل 6). در بررسی تشابه استان‌های مختلف از نظر چرخه رویشی علف‌های‌هرز نیز سه گروه مشاهده شد. استان‌های آذربایجان غربی و شرقی، گروه اول، استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری، گروه دوم و استان‌های فارس و کرمان، گروه سوم را تشکیل دادند (شکل 7).

استان‌های مختلف از نظر درجه تشابه مسیر فتوسنتری علف‌های‌هرز در چهار گروه قرار گرفتند (شکل 8). از نظر سماجت علف‌های‌هرز نیز، استان‌های مختلف در دو گروه (گروه اول شامل آذربایجان غربی و شرقی و گروه دوم شامل اصفهان، چهارمحال و بختیاری، فارس و کرمان) طبقه‌بندی شدند (شکل 9). بررسی شباهت بین استان‌ها از نظر کل گروه‌های کارکردی نشان داد که استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری از نظر تنوع کارکردی علف‌های‌هرز بسیار به هم شباهت داشته و در یک گروه قرار گرفتند و استان‌های فارس و کرمان نیز گروه دیگری را تشکیل دادند. استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی نیز به علت تشابه کم با هم و با دیگر استان‌ها در شاخه‌های مجزا قرار گرفتند (شکل 10). به طور کلی، تفاوت در عملیات زراعی و مدیریت متفاوت مصرف نهاده‌ها، اختلاف در ساختار جوامع علف‌های‌هرز، خصوصیات متفاوت خاک در استان‌های مورد بررسی را می‌توان از دلایل عمده در قرار گرفتن استان‌ها درخوشه بندی‌های متفاوت عنوان نمود.



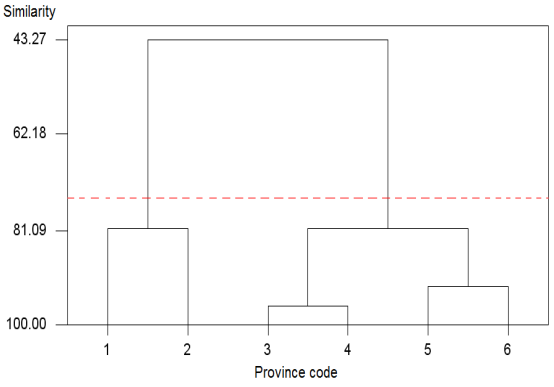
شکل 6- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ مزارع اسپرس

Fig. 6- Clusters of different provinces for similarity of broad and narrow leave weeds in sainfoin fields



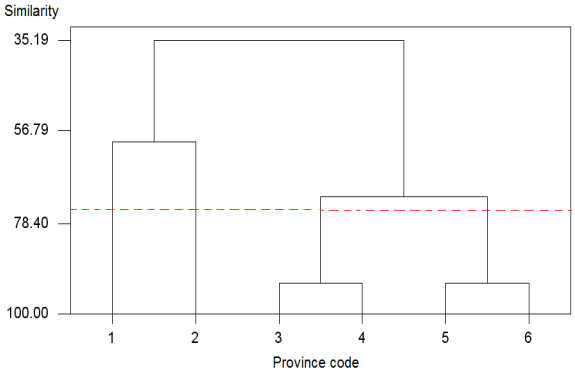
شکل 7- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز یک‌ساله، دوساله و چندساله مزارع اسپرس

Fig. 7- Clusters of different provinces for similarity of annual, biennial and perennial weeds in sainfoin fields



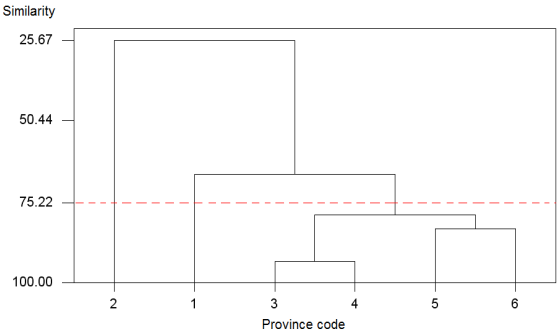
شکل 9- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز سمج مزارع اسپرس

Fig. 9- Clusters of different provinces for similarity of weed noxiousity in sainfoin fields



شکل 8- گروه‌بندی استان‌های مختلف از نظر تشابه علف‌های‌هرز سه‌کربنه و چهارکربنه مزارع اسپرس

Fig. 8- Clusters of different provinces for similarity of C_3 and C_4 weeds in sainfoin fields



شکل10- درصد تشابه کل گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز مزارع اسپرس

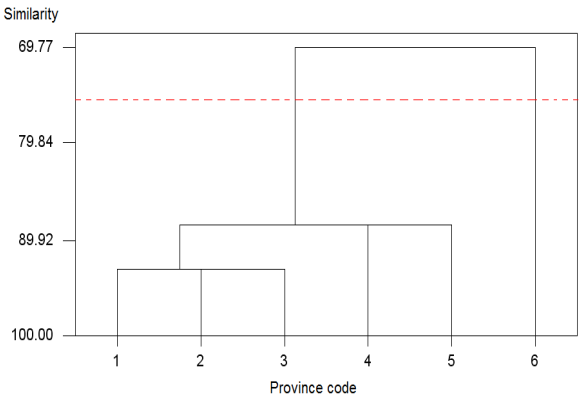
برای شناسایی کد استان ها به جدول 2 مراجعه شود.

Fig. 10- Similarity level for weeds functional groups in sainfoin fields

See table 2 for identification code.

در آنالیز کلاستر مزارع شبدر استان‌های مختلف کشور، از نظر شکل رویشی دو گروه مشاهده شد. استان‌های اصفهان، خوزستان، فارس، کرمانشاه و گلستان در یگ گروه قرار گرفتند و همدان در یک شاخه مجزا جای گرفت (شکل 11). استان‌های کشور که از نظر چرخه رویشی علف‌هرز موجود در مزارع شبدر در سه گروه قرار گرفتند. گروه اول شامل اصفهان، خوزستان و فارس، گروه دوم شامل کرمانشاه و گروه سوم شامل گلستان و همدان بود (شکل 12). استان‌های مختلف کشور از نظر سماجت علف‌های‌هرز و مسیر فتوسنتزی علف‌های‌هرز در سطح تشابه 75 درصد، در یک گروه جای گرفتند (شکل‌های 13 و 14).

گروه‌بندی استان‌های کشور از نظر کل گروه‌های کارکردی علف‌های هرز نیز سه گروه را نشان داد به طوری که استان‌های اصفهان، خوزستان، فارس و گلستان در یک گروه قرار گرفتند و کرمانشاه و همدان نیز در شاخه‌های مجزا طبقه‌بندی شدند (شکل 15).

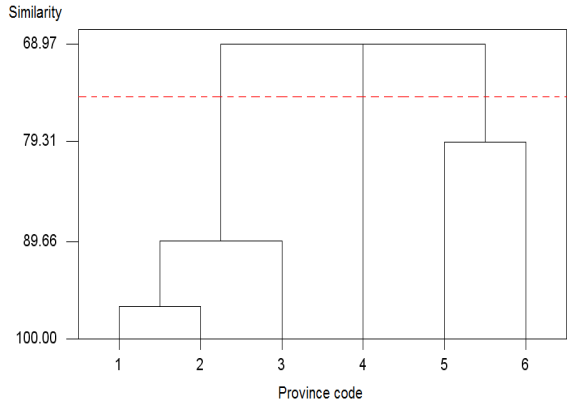


شکل 11- گروه‌بندی علف‌های‌هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ مزارع شبدر

Fig. 11- Clusters of broad and narrow leave weeds of clover fields

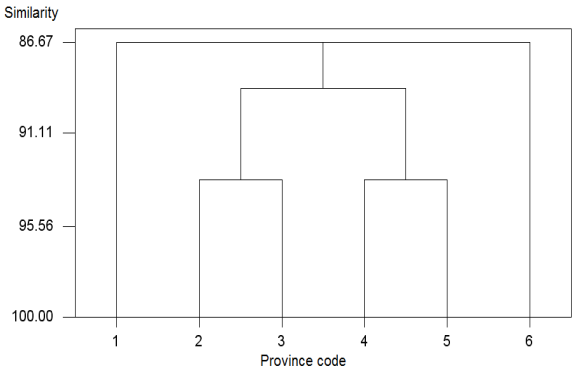
تنوع بیولوژیکی در بوم‌نظام‌های طبیعی می‌تواند در سه سطح اصلی تنوع ژنتیکی، گونه‌ای و بوم‌نظام ملاحظه و بررسی شود. بسیاری از علف‌های‌هرز قادر به ایجاد اثر یا اثراتی روی هر یک از سطوح تنوع می‌باشند، البته درجه این اثر، به ندرت به طور کمی بیان می‌شود (Adair & Groves, 1998).

نتایج این تحقیق که با هدف تجزیه و تحلیل تنوع کارکردی گونه‌های علف‌های‌هرز موجود در بوم‌نظام‌های مختلف زراعی تولید یونجه، اسپرس و شبدر کشور انجام شد، نشان داد که علی‌رغم غنای نسبتاً بالای گونه‌های علف‌هرز به ویژه در مزارع یونجه، این گونه‌ها از نظر مجموعه صفات کارکردی در بین استان‌های مختلف کشور تشابه چشمگیری داشتند، به طوری‌که استان‌های کشور در سه گروه طبقه‌بندی شدند (شکل 5).



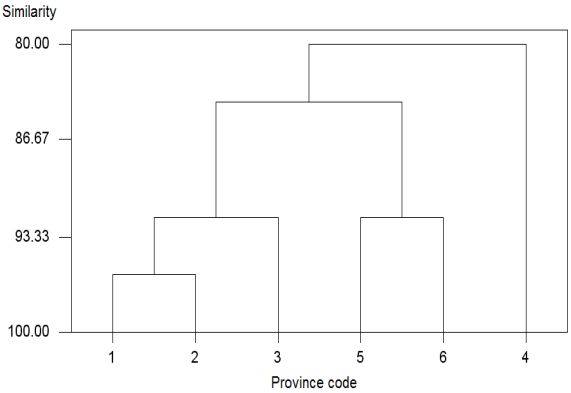
شکل 12- گروه‌بندی علف‌های‌هرز یک‌ساله، دوساله و چندساله مزارع شبدر

Fig. 12- Clusters of annual, biennial and perennial weeds of clover fields



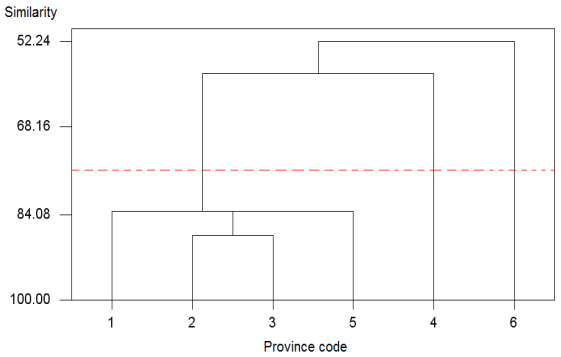
شکل 14- درصد تشابه علف‌های‌هرز سمج مزارع شبدر

Fig. 14- Clusters of weed noxiousity of clover fields



شکل 13- گروه‌بندی علف‌های‌هرز سه‌کربنه و چهارکربنه مزارع شبدر

Fig. 13- Clusters of C_3 and C_4 weeds of clover fields



شکل 15- درصد تشابه کل گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز مزارع شبدر

برای شناسایی کد استان‌ها به جدول 2 مراجعه شود.

Fig. 15- Similarity level for weeds functional groups of clover fields

See table 2 for identification code.

احمدوند و همکاران (Ahmadvand et al., 2005) طی تحقیقی ترکیب گونه‌ای و تنوع زیستی علف‌های‌هرز باغات میوه منطقه عباس‌آباد همدان را مورد بررسی قرار داده و مجموعاً 21 گونه علف‌هرز را شناسایی کردند که از این تعداد میانگین تراکم جمعیت 12 گونه به عنوان گونه‌های غالب معرفی شدند. از کل گونه‌های شناسایی شده، 14 گونه علف‌های‌هرز دائمی و هفت گونه علف‌های‌هرز یکساله بودند. نامبردگان دلیل این امر را چند ساله بودن گیاهان باغی و عدم دستکاری خاک در طی این دوره ذکر کردند. پوگیو و همکاران (Poggio et al., 2004) نیز با بررسی جوامع علف‌های‌هرز موجود در مزارع نخود (*Cicer arietinum* L.) و گندم (*Triticum aestivum* L.) در آرژانتین دریافتند که جوامع علف‌های‌هرز مزارع نخود متنوع‌تر از گندم بود و دلیل این امر را تفاوت در مدیریت زراعی اعم از کاربرد کودها، سموم و تناوب زراعی مزرعه ذکر کردند. نامبردگان اظهار داشتند که در این بررسی، نسبت علف‌های‌هرز تک‌لپه و دو لپه در هر دو مزرعه یکسان بود. ترسا و همکاران (Teresa et al., 2007) در بررسی ساختار جوامع علف‌های‌هرز در باغات تحت تأثیر مدیریت رایج و ارگانیک دریافتند که ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز به طور معنی‌داری تحت تأثیر مدیریت روی ردیف‌های کاشت قرار گرفت.

اختلاف در شیوه مدیریت زراعی از جمله کوددهی و استفاده از سموم، مهمترین عامل تعیین‌کننده ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز و در نتیجه تنوع آن‌ها می‌باشند (Koocheki et al., 2001; Faghih & Asadi, 1987). عوامل محیطی نیز در مقیاس منطقه‌ای ممکن است بیانگر تفاوت‌های مشاهده شده بین مزارع موجود از نظر تنوع کارکردی علف‌های‌هرز باشند (Nassiri-Mahallati et al., 2001). همچنین مصرف قابل توجه نهاده‌ها به ویژه کود نیتروژن در بوم‌نظام‌های زراعی رایج که در سیستم‌های تولید کشور نیز متداول می‌باشد،

یکی از عوامل مؤثر بر ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز می‌باشد (Koocheki et al., 2001). شواهد نشان می‌دهد که بالا بودن حاصلخیزی خاک، مهمترین عامل تعیین‌کننده تنوع کارکردی گونه-های گیاهی بوده به طوری‌که در سطوح بالای حاصلخیزی (که هدف مدیریت رایج نظام‌های زراعی می‌باشد) تنوع کارکردی به حداقل می-رسد (Koocheki et al., 2003).

آرمنگوت و همکاران (Armengot et al., 2012) با بررسی تنوع بتای جوامع علف‌هرز در مزارع غلات ارگانیک و رایج در دو منطقه مختلف اظهار داشتند که ترکیب گونه‌های علف‌هرز در دو منطقه مورد بررسی، بسیار متفاوت بوده، به طوری‌که فقط 18 گونه از 135 گونه شناسایی شده بین دو منطقه، مشترک بودند. نامبردگان اظهار داشتند که در هر دو منطقه، تنوع آلفا، بتا و گامای کلیه گروه‌های کارکردی در مزارع ارگانیک بیشتر از مزارع رایج بود.

خدمات بوم‌نظام نظیر گرده‌افشانی و کنترل آفات دارای فواید اساسی برای کشاورزان می‌باشند اما در قرن اخیر، فشرده‌سازی کشاورزی منجر به از دست دادن تنوع زیستی قابل توجهی شده است. تنوع زیستی و خدمات بوم‌نظام ممکن است با کمک برنامه‌های محیطی- زراعی احیا و حفظ گردد. یکی از برنامه‌های موفق در این زمینه، کشاورزی ارگانیک است (Krauss et al., 2011). کراس و همکاران (Krauss et al., 2011) طی تحقیقی، اظهار داشتند که در نظام ارگانیک در مقایسه با نظام رایج کشاورزی، زیست‌توده گیاهان کاهش ولی تنوع گروه‌های کارکردی افزایش یافت. نامبردگان گزارش کردند که غنای گونه‌ای گیاهان و گونه‌های گرده‌افشان در مزارع ارگانیک مورد بررسی به ترتیب پنج و بیست برابر بیشتر از مزارع رایج بود ولی جمعیت شته‌های غلات در مزارع ارگانیک، یک پنجم مزارع رایج محاسبه شد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پژوهشی است که با حمایت مالی دانشگاه پیام نور انجام شده است.

منابع

1- Adair, R.J., and Groves, R.H. 1998. Impact of environmental weeds on biodiversity: a review and development of a methodology. National Weeds Program, Environment Australia 55 pp.
2- Adair, R.J., and Groves, R.H. 1998. Impact of environmental weeds on biodiversity: a review and development of a methodology. Environment Australia 51 pp.
3- Ahmadvand, G., Hosseini, S.A., and Ahmadi, A. 2005. Species composition and weed diversity of orchards in Abbasabad of Hamadan. The First Weed Conference, Tehran, Iran. (In Persian)
4- Albrecht, H. 2003. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 98: 201-211.
5- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.
6- Armengot, L., Sans, F.X., Fischer, C., Flohre, A., José-María, L., Tscharntke, T., and Thies, C. 2012. The β-diversity of arable weed communities on organic and conventional cereal farms in two contrasting regions. Applied Vegetation Science (In Press). Available in: http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1654-109X/earlyview.
7- Faghih, A., and Asadi, P. 1987. Final report for weed investigation and chemical control in onion fields of East Azerbaijan. Research Institute of Plant Pests and Diseases, Tabriz, Iran. (In Persian)
8- Franke, A.C., Lotzlap, Van Der Burg, W.J., and Van Overbeek, L. 2009. The role of arable weed seeds for agroecosystem functioning. Weed Research 49: 131-141.
9- Gliessman S.R. 1995. Sustainable agriculture: an agroecological perspective. Advances in Plant Pathology 11: 45-57.
10- Grice, A.C., and Martin, T.G. 2005. The management of weeds and their impact on biodiversity in the rangelands. The CRC for Australian Weed Management. Townsville.
11- Hakansson, S. 2003. Weeds and Weed Management on Arable Land: an Ecological Approach. CABI Publishing, Oxon, UK, 274 pp.
12- Hossain, Z., Gurr, G.M., Wrattan, S.D., and Raman, A. 2002. Habitat manipulation in Lucerne, *Medicago sativa*: arthropod population dynamics in harvested and 'refuge' crop strips. Journal of Applied Ecology 39: 445-454.
13- Hyvonen, T., and Salonen, J. 2002. Weed species diversity and community composition in cropping practices at two intensity levels - a six-year experiment. Plant Ecology 159: 73-81.
14- Izquierdo, J., Blanco-Moreno, J.M., Chamorro, L., González-Andújar, J.L., and Sans, F.X. 2009. Spatial distribution of weed diversity within a cereal field. Agronomy for Sustainable Development 29: 491-496.
15- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Tabrizi, L., Azizi, G., and Jahan, M. 2006. Assessing species and functional diversity and community structure for weeds in wheat and sugar beet in Iran. Iranian Journal of Field Crops

Research 4: 105-129. (In Persian with English Summary)
16- Koocheki, A., Kamkar, B., Jami Al-Ahmadi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2003. The Role of Structure and Function in Agroecosytems Design and Management. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 515 pp. (In Persian)
17- Koocheki, A., Zarif Ketabi, H., and Nakh Foroush, A. 2001. Ecological Approaches for Weed Managements. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 458 pp. (In Persian)
18- Krauss, J., Gallenberger, I., and Steffan-Dewenter, I. 2011. Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. Organic versus Conventional Farming 6: 1-9.
19- Long, J., Cromwell, E., and Gold, K. 2000. On-farm management of crop diversity: an introductory bibliography. The Schumacher Centre for Technology and Development. Available at web site: www.oneworld.org/odi/
20- Nassiri Mahallati, M., Koocheki A, Rezvani Moghaddam P., and Beheshti A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 460 pp. (In Persian)
21- Norris, R.F., and Kogan, M. 2005. Ecology of interactions between weeds and arthropods. Annual Review of Entomology 50: 479-503.
22- Poggio, S.L., Satorre, E.H., and De la Fuente, E.B. 2004. Structure of weed communities occurring in pea and wheat crops in the Rolling Pampa (Argentina). Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 225-235.
23- Potts, G.R., Ewald, J.A., and Aebischer, N.J. 2010. Long-term changes in the flora of the cereal ecosystem on the Sussex Downs, England, focusing on the years 1968-2005. Journal of Applied Ecology 47: 215-226.
24- Radosevich, S.R., Holt, S.J., and Ghersa, C.M., 1997. Weed Ecology, Implications for Management. John Wiley, New York 589 pp.
25- Rathke, G.W., Behrens, T., and Diepenbrock, W. 2006. Integrated nitrogen management strategies to improve seed yield, oil content and nitrogen efficiency of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): a review. Agriculture, Ecosystems and Environment 117: 80-108.
26- Robinson, R.A., and William, J.S. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. Journal of Applied Ecology 39: 157-176.
27- Romero, A., Chamorro, L., and Sans, F.X. 2007. Weed diversity in crop edges and inner fields of organic and conventional dryland winter cereal crops in NE Spain. Journal of Agriculture, Ecosystems and Environment 124: 97-104.
28- Shimi, P., and Termeh, F. 1994. Weeds Collection of Iran. Agricultural Research Organization Publication, Tehran, Iran 112 pp. (In Persian)
29- Storkey, J., and Cussans, J.W. 2007. Reconciling the conservation of in-field biodiversity with crop production using a simulation model of weed growth and competition. Agriculture, Ecosystems and Environment 122: 173–182.
30- Storkey, J. 2006. A functional group approach to the management of UK arable weeds to support biological diversity. Weed Research 46: 513-522.
31- Teresa Mas, M., Poggio, S.L., and Verdú, A.M.C. 2007. Weed community structure of mandarin orchards under conventional and integrated management in northern Spain. Agriculture, Ecosystems and Environment 119: 305-310.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۲۹-۷۱۹

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 719-729

بررسی عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در سال اول پس از کشت در واکنش به تراکم کاشت و میزان کود دامی

علیرضا کوچکی [۱]، پرویز رضوانی مقدم [۱*]، عبداله ملافیلابی [۲] و سید محمد سیدی [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۵/۰۹

چکیده

به منظور بررسی عملکرد گل و بنه زعفران (*Crocus sativus* L.) در واکنش به کشت پرتراکم و کاربرد کود دامی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار سطح تراکم کاشت (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و۴۰۰ بنه در متر مربع) و پنج کاربرد سطح کود دامی (صفر (عدم کاربرد کود دامی)، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) تعیین شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثرات معنی‌دار تراکم کاشت بنه و کاربرد کود دامی بر تعداد گل، عملکرد گل خشک و نیز عملکرد کلاله + خامه زعفران بود. همچنین اثرات متقابل تراکم کاشت بنه × کاربرد کود دامی نیز تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ذکر شده داشت. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم کاشت تا سطح ۴۰۰ بنه در متر مربع، عملکرد گل تر و گل خشک زعفران به طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین در تراکم کاشت ۴۰۰ بنه در متر مربع نیز کاربرد کود دامی تا سطح ۸۰ تن در هکتار، تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد گل تر و خشک زعفران داشت. با این وجود نتایج نشان داد که در سطوح بالای تراکم کاشت بنه، واکنش پذیری زعفران به کاربرد کود دامی بیش از سطوح پایین تراکم کاشت بود. از این رو، به نظر می‌رسد که برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کوددهی زعفران می‌بایست با در نظر گرفتن سطح مورد نظر تراکم کاشت صورت گیرد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کلاله، عملکرد گل خشک، کود آلی

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی تک‌لپه و ژئوفیت [۴] می‌باشد که به خانواده زنبق [۵] تعلق دارد (Behboodi & Samadi, 2004; Molina et al., 2004). بین ۸۵ گونه متعلق به جنس *Crocus*، گونه *C. sativus* به عنوان مهم‌ترین گونه این جنس شناخته می‌شود (Caiola, 2004). این گیاه به دلیل برخورداری از خواص درمانی در بهبود بیماری‌هایی مانند دیس‌لیپیدمی [۶]، تصلب شریان [۷]، ایسکمی میوکارد [۸]، سرطان و ورم مفاصل، جایگاه ویژه‌ای در صنایع دارویی و علوم پزشکی دارد (Xi et al., 2007; Giaccio, 2004).

زعفران به عنوان گران‌ترین ادویه جهان (Rezvani Moghaddam et al., 2010) و نیز یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی و باغی ایران (Javadzadeh, 2011)، از جمله اقلام صادراتی مهم در کشور به شمار می‌رود (Omidi et al., 2009). روند رو به رشد سهم صادرات زعفران از کل صادرات غیر نفتی، ارز آوری قابل توجه و همچنین ایجاد درآمد و اشتغال زایی برای جامعه روستایی کشور (Aghaei & Rezagholizadeh, 2011)، لزوم توجه به افزایش تولید پایدار این گیاه را دو چندان می‌سازد. علاوه بر این، زعفران به دلیل نیاز به آب کم، امکان بهره‌برداری طولانی با یک‌بار کاشت، عدم نیاز به ماشین آلات سنگین و نیز برخورداری از صفات ویژه بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و زراعی، می‌تواند به عنوان گیاهی جایگزین

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادان قطب علمی گیاهان زراعی ویژه، گروه زراعت دانشکده کشاورزی، استادیار پژوهشکده علوم و صنایع غذایی، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

4- Geophyte
5- Iridaceae
6- Dyslipidemia
7- Atherosclerosis
8- Myocardial ischemia

در نظام‌های کم‌نهاده مورد توجه باشد (Kocheki et al., 2012; Aghaei & Rezagholizadeh, 2011).

ایران با وجود دارا بودن بیشترین سطح زیر کشت و تولید زعفران در دنیا (۸۰-۹۰ درصد) (De-Los-Mozos-Pascual et al., 2009)، در واحد سطح از متوسط تولیدی حتی کمتر از نصف میانگین جهانی برخوردار است (Javadzadeh, 2011). در این راستا، عدم مدیریت صحیح تراکم کاشت بر اساس عملیات آماده سازی زمین و نیز روش کاشت زعفران، از مهم‌ترین عوامل در کاهش عملکرد زعفران بوده (Javadzadeh, 2011) و از سویی دیگر تنظیم صحیح تراکم کاشت به عنوان یکی از اصلی‌ترین عملیات زراعی مؤثر در جذب منابع محیطی به شمار می‌رود (Izadi et al., 2010). تعیین اصولی تراکم کاشت می‌تواند با تأثیر بر طول دوره بهره‌برداری زعفران منجر به افزایش عملکرد و نیز کاهش طول دوره کاشت تا اقتصادی شدن عملکرد شود (Behdani et al., 2006; Abrishami, 1997). در این ارتباط کوچکی و همکاران(Kocheki et al., 2012) گزارش کردند که در طی سه سال بهره‌برداری از زمین، افزایش تراکم بنه از چهار به ۱۲ تن بنه در هکتار، تعداد گل، وزن تر و خشک گل‌های تولید شده و نیز وزن تر و خشک کلاله زعفران در واحد سطح را به طور مؤثری افزایش داد. نتایج تحقیق بهنیا (Behnia, 2009) نیز نشان داد که بر حسب روش کاشت، تعیین تراکم کاشت مناسب می-تواند نقش چشمگیری در بهبود عملکرد زعفران داشته باشد.

علاوه بر تراکم کاشت، تغذیه گیاه نیز از مؤثرترین راهکارهای زراعی به منظور افزایش عملکرد کمی و نیز میزان مواد مؤثره در گیاهان دارویی می‌باشد (Izadi et al., 2010). بررسی ارتباط بین مصرف کودها و عناصر غذایی با شاخص‌های رشدی و عملکرد زعفران می‌تواند الگوی مناسبی از چگونگی مصرف بهینه کودها و عناصر غذایی مورد نیاز این گیاه را فراهم کند (Behdani et al., 2006). تحقیقات نشان داده است که بر خلاف نیاز کودی کم زعفران (Rezvani Moghaddam et al., 2010; Behdani et al., 2006)، تا ۸۰ درصد تغییرات عملکرد گل در این گیاه به متغیرهای خاک مانند مواد آلی وابسته بوده و تنها ۱۰ درصد این تغییرات به فراهمی آب بستگی دارد (Nehvi et al., 2010; Shahande, 1990). بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2006) نیز در مطالعه روابط بین مصرف عناصر غذایی و عملکرد زعفران در پهنه اقلیمی مرکز و جنوب خراسان، ۶۷ درصد تغییرات عملکرد زعفران در مناطق ذکر شده را تحت تأثیر مصرف کودهای دامی و فسفر دانستند. بر این اساس، با در نظر گرفتن نقش ویژه کود های دامی در افزایش فراهمی مواد آلی و بازچرخش عناصر غذایی در خاک (Limon-Ortega et al., 2008; Mando et al., 2005)، مصرف کود دامی می‌تواند نقش مؤثری در بهبود پایداری تولید زعفران داشته باشد. در ارتباط با نقش مثبت کود های دامی، جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی نقش معنی‌داری در افزایش تعداد گل و نیز وزن کلاله خشک زعفران در واحد سطح داشت. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) بهبود عملکرد گل و کلاله خشک زعفران را تحت تأثیر افزایش سطوح کود دامی مشاهده کردند. امیری (Amiri, 2008) نیز ضمن آن که افزایش سطح برگ، میزان عناصر غذایی در برگ و نیز عملکرد کلاله زعفران را در نتیجه مصرف کود دامی مشاهده کرد، اظهار داشت کاربرد کود دامی می‌تواند در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند میزان مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم در خاک تأثیرگذار باشد.

به طورکلی، در مطالعات انجام شده در ایران، کشت ردیفی با تراکم ۵۰ بوته در متر مربع برای کسب حداکثر عملکرد زعفران توصیه شده است (Kafi, 2002). با این وجود در بیشتر مزارع زعفران، این گیاه در تراکم‌های پایین مورد کشت قرار می‌گیرد که این روش ممکن است از لحاظ اقتصادی در سال اول توجیه پذیر نباشد. از این - رو انتظار می‌رود که با در نظر گرفتن الگوهای کشت پرتراکم زعفران بتوان این کاهش عملکرد را تا حدودی در سال‌های اولیه تولید جبران نمود (Koocheki et al., 2011 b). بر این اساس، هدف از اجرای این آزمایش بررسی عملکرد گل و بنه زعفران در واکنش به کاربرد کود دامی در شرایط کشت پر تراکم بنه در سال اول بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به اجرا در آمد. قبل از کشت جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری انجام شد (جدول ۱).

تیمارهای آزمایش بر اساس ترکیبی از چهار سطح تراکم کاشت (۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و۴۰۰ بنه در مترمربع) و پنج سطح کاربرد کود دامی (صفر (عدم کاربرد کود دامی)، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ تن در هکتار) تعیین شدند. زمین مورد نظر در سال قبل از اجرای آزمایش زیر کشت جو بود. پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، دیسک و تسطیح زمین به وسیله لولر، کرت‌هایی با ابعاد ۱×۲ متر ایجاد گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	نیتروژن (پی‌پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	کربن آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	SP	T.N.V
23	47	30	0.05	35.5	245	0.65	8.10	1.91	36.80	15.73

فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها از یکدیگر به ترتیب ۰/۵ و سه متر در نظر گرفته شد. اعمال کود دامی بر حسب تیمار های ذکر شده پیش از کاشت صورت گرفت. در طول فصل رشد زعفران از هیچ‌گونه کود شیمیایی و پایه استفاده نگردید. عملیات کاشت در ۱۵ خرداد ۱۳۸۹ و توسط بنه‌های ۸-۴ گرمی که از مزرعه زعفران دانشکده کشاورزی مشهد تهیه شده بود، انجام شد. استفاده از بنه‌های با وزن نسبتاً پایین نیز با در نظر گرفتن هدف اجرای آزمایش که بررسی اثر تراکم و کود دامی در افزایش اندازه بنه های دختری بود، صورت گرفت. عمق کاشت بنه‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کود دامی همزمان با کاشت به خاک اعمال شد. بر اساس نتایج تحقیقات قبلی، اولین آبیاری در ۱۷ مرداد (آبیاری تابستانه) انجام گرفت. علاوه بر آبیاری تابستانه، در طول فصل رشد پنج مرحله آبیاری به ترتیب در ۱۵ مهر (به منظور تسهیل در گل‌دهی)، ۲۰ آبان (پس از برداشت گل و ظهور برگ‌ها)، ۲۳ آذر (بعد از وجین علف‌های هرز زمستانه)، ۲۵ اسفند ۱۳۸۹ و ۱۵ فروردین ۱۳۹۰ (به منظور تکمیل رشد بنه ها) انجام گرفت. در طول مراحل اجرای آزمایش از هیچ‌گونه آفت‌کش یا علف‌کش شیمیایی استفاده نشد.

عملیات برداشت گل در اواسط آبان ماه ۱۳۸۹ و عملیات برداشت بنه در نیمه اول خرداد ۱۳۹۰ انجام شد. تعداد گل، عملکرد گل تر و خشک، عملکرد کلاله، عملکرد کلاله + خامه، نسبت کلاله به گل خشک و نیز نسبت کلاله + خامه به گل خشک در کل مساحت هر کرت اندازه‌گیری شد. تعداد و عملکرد بنه‌های دختری زیر ۱۰ گرم، بالای ۱۰ گرم و نیز کل بنه‌های هر کرت به صورت تخریبی و از مساحتی معادل ۲۵ × ۴۰ سانتی‌متر تعیین شد. وزن خشک گل، کلاله و خامه در هر کرت پس از خشک کردن نمونه‌ها در فضای آزاد تعیین شد.

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم افزار SAS 9.1 و Mstat-c و برای رسم اشکال مربوطه از نرم افزار Excel استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد گل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثرات معنی‌دار تراکم کاشت بنه و کاربرد کود دامی بر تعداد گل زعفران بود (جدول ۲). همچنین اثرات متقابل تراکم کاشت بنه × کاربرد کود دامی نیز تأثیر معنی‌داری بر شاخص ذکر شده داشت (جدول ۲). نتایج نشان داد که افزایش تراکم کاشت بنه نقش مؤثری در افزایش معنی‌دار تعداد گل زعفران در واحد سطح داشت. به طوری‌که در تمامی سطوح کاربرد کود دامی (صفر تا ۱۰۰ تن در هکتار)، بیشترین تعداد گل در تراکم کاشت ۴۰۰ بنه در متر مربع مشاهده گردید (شکل ۱). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011b) نیز گزارش کردند که در سال اول و دوم اجرای آزمایش، با افزایش تراکم کاشت بنه (از هشت به ۲۱ تن در هکتار) تعداد گل زعفران در واحد سطح به طور معنی‌داری افزایش یافت. از سویی دیگر در تراکم کاشت ۴۰۰ بنه نیز با افزایش کاربرد کود دامی تا سطح ۸۰ تن در هکتار، تعداد گل زعفران به طور معنی‌داری رو به افزایش گذاشت. (شکل ۱). نتایج تحقیق جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) نیز حاکی از نقش مؤثر کاربرد کود دامی در افزایش تعداد گل زعفران بود. با این وجود، از آنجایی‌که عملکرد گل زعفران در سال اول کاشت این گیاه عمدتاً تحت تأثیر میزان اندوخته غذایی در بنه بوده و فراهمی عناصر غذایی ناشی از کاربرد کودها از اهمیت چندانی برخوردار نیست، نقش مؤثر کاربرد کود دامی در بهبود عملکرد گل در سال اول کاشت زعفران را می‌توان ناشی از فراهمی مواد آلی دانست. افزایش میزان ماده آلی خاک می‌تواند با تحت تأثیر قرار دادن خصوصیات فیزیکو شیمیایی[1] خاک مانند تعدیل درجه حرارت، فراهمی رطوبت، خاک‌دانه‌بندی و کاهش سختی خاک (Foroughifar & Pour Kasmani, 2002; Chen et al., 2005)، در تسریع و افزایش گل‌دهی زعفران مؤثر باشد.

1- Physicochemical properties

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه گل زعفران در آزمایش

Table 2- Variance analysis of studied flower characteristics of saffron in experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Flower number	عملکرد گل تر Fresh flower yield	عملکرد گل خشک Dry flower yield	عملکرد کلاله خشک Dry stigma yield	عملکرد کلاله و خامه خشک Dry stigma + style yield	نسبت کلاله به گل خشک Stigma / dry flower ratio	نسبت کلاله + خامه به گل خشک Stigma+ style / dry flower ratio
بلوک Block	2	1.0 ns	21.6 ns	0.5 ns	1937.3 ns	3499.8 ns	3.1266667E-7 ns	
تراکم کاشت Planting density	3	974.1 **	20630.5 **	318.6 **	1854069.3 **	3348424.7 **	2.455E-7 ns	
کود دامی Manure	4	30.0 **	635.6 **	9.6 **	57120.0 **	103207.4 **	3.6941667E-7 ns	6.6691667E-7 ns
تراکم کاشت × کود دامی Planting density × manure	12	5.8 **	123.4 **	1.8 **	11092.5 **	20032.7 **	3.3952778E-7 ns	6.1936111E-7 ns
خطا Error	38	1.8	38.3	0.6	3438.3	6205.5	0.00000036	0.00000066

*, ** و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد ($P\leq0.05$)، یک درصد ($P\leq0.01$) و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.

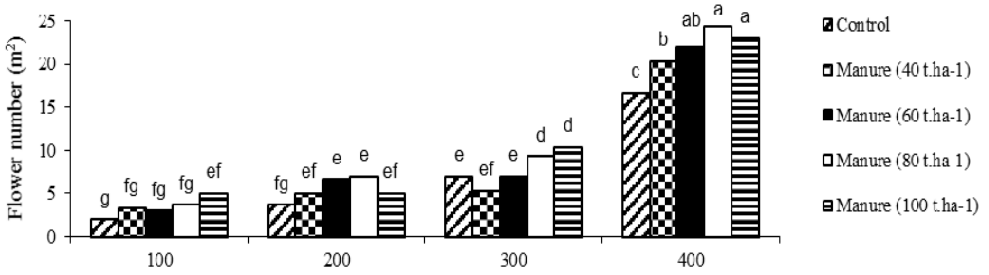
جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص‌های مورد مطالعه بنه زعفران در آزمایش

Table 3- Variance analysis of some studied corm characteristics of saffron in experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد بنه‌های خواهری زیر ۱۰ گرم Number of replacement corm lesser than 10 g	تعداد بنه‌های خواهری بالای ۱۰ گرم Number of replacement corm more than 10 g	تعداد کل بنه Total corm number	عملکرد بنه‌های خواهری زیر ۱۰ گرم Yield of replacement corm lesser than 10 g	عملکرد بنه‌های خواهری بالای ۱۰ گرم Yield of replacement corm more than 10 g	عملکرد کل بنه Total corm yield
بلوک Block	2	112302.6 **	25.72 **	109161.1 **	28500357.9 **	244500.0 **	26264507.9 **
تراکم کاشت Planting density	3	153960.1**	4.6 ns	155490.4 **	131871182.2 **	46090.6 ns	136370297.5 **
کود دامی Manure	4	20763.1 ns	4.3 ns	20751.4 ns	6855896.6 ns	41847.5 ns	7258267.7 ns
تراکم کاشت × کود دامی Planting density × manure	12	17165.3 ns	2.4 ns	17137.7 ns	12417997.1 **	22669.7 ns	12632323.9 **
خطا Error	38	9260.8	2.1	9240.3	3880226.3	20033.3	3888283.1

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح پنج درصد ($P\leq0.05$)، یک درصد ($P\leq0.01$) و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: significant at the 0.05 and 0.01 level of probability and no significant, respectively.



شکل ۱- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر تعداد گل زعفران

Fig. 1- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer on number of saffron flowers

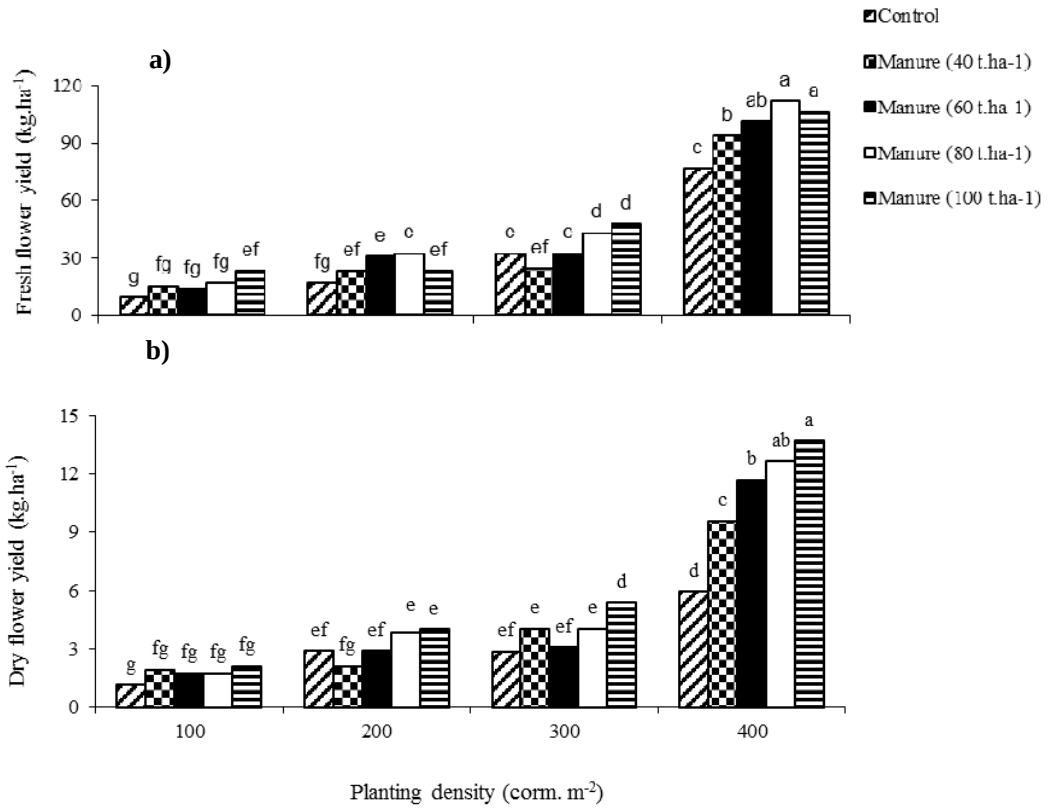
عملکرد گل تر و گل خشک

همانند تعداد گل، نتایج حاکی از معنی‌دار بودن اثر متقابل تراکم کاشت بنه × کاربرد کود دامی بر عملکرد گل تر و گل خشک زعفران بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که با افزایش تراکم کاشت تا سطح ۴۰۰ بنه در متر مربع، عملکرد گل تر و گل خشک زعفران به طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۲ (a و b)). همچنین در تراکم ۴۰۰ بنه نیز افزایش کاربرد کود دامی تا سطح ۸۰ تن در هکتار، تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد گل تر و گل خشک زعفران داشت (شکل a و ۲b). همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، نقش مؤثر کاربرد کودهای آلی در افزایش عملکرد گل زعفران در سال اول کاشت این گیاه را می‌توان ناشی از اثرات مثبت فراهمی مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی و ساختار خاک دانست. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) نیز افزایش عملکرد گل تر و کلاله خشک زعفران را در نتیجه افزایش سطوح کود دامی گزارش کردند. نقش کود دامی در افزایش عملکرد گل زعفران را می‌توان در ارتباط با تأثیر مثبت این کود در فراهمی و آزاد سازی متعادل عناصر غذایی و نیز بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک عنوان نمود. در این ارتباط بهدانی و همکاران (Behdani et al., 2006) نیز ضمن مشاهده ارتباط مثبت بین عملکرد مزارع زعفران با فراهمی بیشتر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در اثر کاربرد کود دامی، اظهار داشتند که آزاد شدن تدریجی عناصر غذایی از کود دامی علاوه بر تأمین نیازهای غذایی گیاه می‌تواند تأثیر مثبتی بر ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد. از سویی دیگر، نتایج نشان داد که با وجود آن که در تراکم کاشت ۱۰۰ و ۲۰۰ بنه در متر مربع، تأثیر سطوح کود دامی در افزایش عملکرد گل خشک زعفران معنی‌دار نبود، در تراکم کاشت ۳۰۰ و ۴۰۰ بنه در متر مربع، کاربرد کود دامی نقش مؤثری در افزایش معنی‌دار شاخص ذکر شده داشت. به طوری که در تراکم کاشت ۴۰۰ بنه در متر مربع، کاربرد ۸۰ تن کود دامی در مقایسه با عدم کاربرد آن منجر به افزایش عملکرد گل خشک زعفران تا ۱۱۲ درصد شد (شکل ۲ (a و b)). به عبارتی دیگر، نتایج نشان داد که در سطوح بالای تراکم کاشت بنه، واکنش‌پذیری زعفران به کاربرد کود دامی بیش از سطوح پایین تراکم کاشت بود. از این‌رو به نظر می‌رسد برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح کودی زعفران می‌بایست با درنظر گرفتن سطح مورد نظر تراکم کاشت در این گیاه صورت گیرد.

عملکرد کلاله و کلاله + خامه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثرات معنی‌دار تراکم کاشت و کود دامی و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد کلاله و نیز عملکرد کلاله+ خامه زعفران بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که همانند عملکرد گل تر و خشک، عملکرد کلاله و کلاله + خامه زعفران نیز با افزایش تراکم کاشت بنه در واحد سطح به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (شکل ۳ (a و b)). در این ارتباط بهنیا (Behnia, 2009) در بررسی روش کاشت زعفران به صورت ردیفی و کپه‌ای، افزایش معنی‌دار عملکرد گل خشک و عملکرد کلاله + خامه زعفران را در نتیجه افزایش تراکم کاشت بنه مشاهده نمود. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2009) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم کاشت از دو به هشت بنه در هر کپه (۴۴/۴ به ۱۷۷/۶ بنه در مترمربع) به طور معنی‌داری منجر به افزایش وزن خشک برگ و اندام‌های هوایی، عملکرد کلاله و شاخص برداشت زعفران شد.

اثرات مثبت تراکم کاشت در بهبود عملکرد گل و کلاله زعفران را می‌توان در جذب بهتر و بیشتر منابع محیطی توسط این گیاه عنوان نمود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011b) نیز ضمن مشاهده افزایش معنی‌دار وزن خشک گلبرگ و نیز کلاله زعفران در نتیجه افزایش تراکم کاشت بنه، گزارش کردند که تراکم بالای کاشت زعفران می‌تواند منجر به تسریع گل‌دهی، بهره‌برداری زودتر و بیشتر از مزارع تحت کشت این گیاه شده و در نهایت باعث افزایش کارآیی و بازگشت سرمایه اقتصادی شود. همچنین نتایج اثرات متقابل تراکم کاشت و کود دامی حاکی از تأثیر معنی‌دار کاربرد کود دامی در افزایش عملکرد کلاله و کلاله + خامه زعفران بود (جدول ۲).



شکل ۲- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر عملکرد گل تر a) و گل خشک b) زعفران

Fig. 2- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer on fresh flower a) and dry flower yield b) of saffron

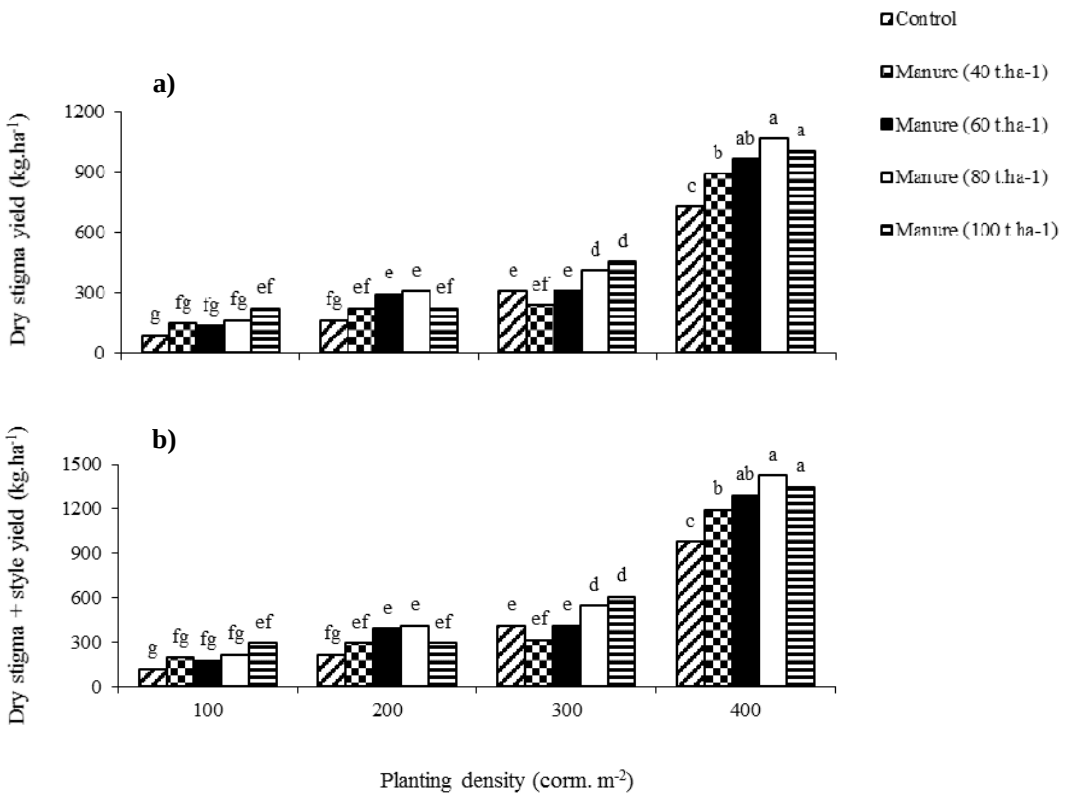
به طوری‌که در تراکم کاشت ۴۰۰ بنه در متر مربع، کاربرد کود دامی تا سطح ۶۰ تن در مقایسه با عدم کاربرد آن منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله و نیز کلاله + خامه زعفران به ترتیب تا ۳۳ و ۳۲ درصد شد (شکل ۳ (a و b)). از سویی دیگر، با وجود نقش مؤثر کاربرد کود دامی تا سطح ۶۰ تن در هکتار در افزایش معنی‌دار عملکرد کلاله و نیز عملکرد کلاله + خامه زعفران، نتایج نشان داد که افزایش کاربرد کود دامی بیش از ۶۰ تن در هکتار تأثیری در افزایش معنی‌دار شاخص‌های ذکر شده نداشت. در این ارتباط بهدانی و همکاران نیز به نقل از شاهنده (Shahande, 1990) اظهار داشتند که افزایش بیش از حد میزان نیتروژن در خاک ناشی از مصرف کودهای معدنی و آلی ممکن است با تحت تأثیر قرار دادن نسبت کربن به نیتروژن، منجر به تأخیر در گل‌دهی و در نهایت کاهش عملکرد زعفران شود.

نسبت کلاله به گل خشک و نسبت کلاله + خامه به گل خشک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تراکم کاشت بنه و کاربرد کود دامی و نیز اثرات متقابل آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر نسبت کلاله به گل خشک و نیز نسبت کلاله + خامه به گل خشک زعفران نداشتند (جدول ۲). به نظر می‌رسد نسبت کلاله به گل خشک و نیز نسبت کلاله + خامه به گل خشک از جمله شاخص‌هایی در زعفران می‌باشد که در ارتباط با شرایط مدیریتی مانند اعمال کود یا سطوح تراکم نبوده و بیشتر تحت تأثیر ژنوتیپ مورد مطالعه قرار دارد. به عبارتی دیگر، بر حسب اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد گل خشک و کلاله خشک زعفران (شکل‌های ۲b و ۳a)، به نظر می‌رسد که اعمال تیمارهای ذکرشده و یا سایر شرایط مدیریتی، عملکرد گل و کلاله زعفران را به یک نسبت افزایش یا کاهش دهد، به طوری که نسبت این دو شاخص کمتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد.

تعداد و عملکرد کل بنه‌های تولید شده در خاک

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳)، با وجود تأثیر معنی‌دار تراکم کاشت بنه بر تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز تعداد کل بنه‌های تولید شده در خاک (تعداد کل بنه‌های دختری)، اثر سطوح کود دامی و نیز اثرات متقابل تراکم کاشت × کاربرد کود دامی بر شاخص‌های ذکر شده معنی‌دار نبود.



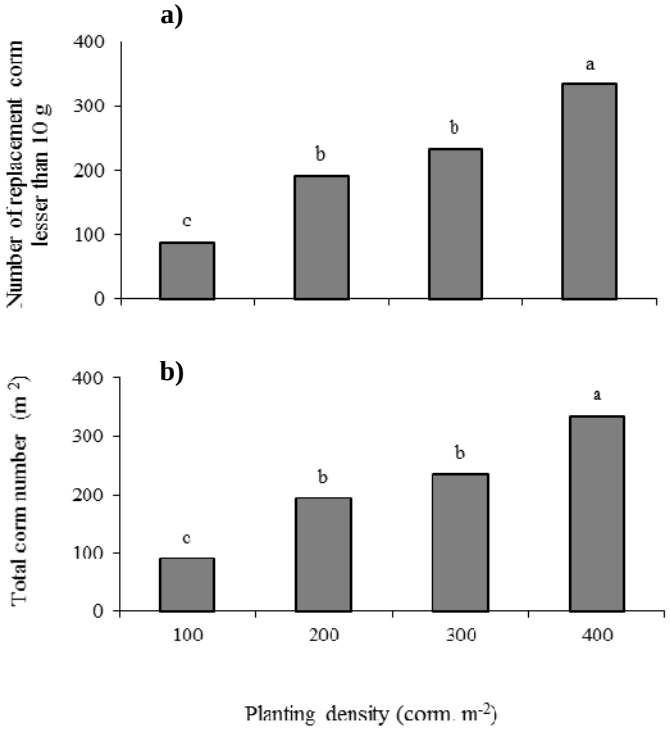
شکل ۳- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر عملکرد کلاله خشک a) و کلاله + خامه خشک b) زعفران

Fig. 3- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer rates on dry stigma a) and dry stigma + style yield b) of saffron

بر اساس نتایج ارائه شده در شکل ۴ (a و b)، با افزایش چهار برابری تراکم کاشت از سطح ۱۰۰ به ۴۰۰ بنه در متر مربع، تعداد بنه-های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز تعداد کل بنه‌های دختری در خاک تا حدود چهار برابر افزایش یافت. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2009) نیز افزایش تعداد بنه‌های تولید شده در متر مربع را در نتیجه افزایش تراکم کاشت از دو به هشت بنه در کپه (۴۴/۴ به ۱۷۷/۶ بنه در مترمربع) مشاهده نمودند.

به طور کلی، بنه‌هایی با وزنی در حدود ۸ تا ۱۰ گرم، از عملکرد گل قابل قبولی برخوردار بوده و با کاهش وزن بنه، عملکرد گل زعفران رو به کاهش می‌گذارد (Pandey et al., 1979). با مقایسه تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز تعداد کل بنه‌های دختری در هر یک از سطوح تراکم کاشت بنه (شکل ۴ (a و b))، مشاهده شد که تقریباً تمامی بنه‌های تولید شده در سال اول دارای وزنی کمتر از ۱۰ گرم بوده و تعداد بسیار کمی از بنه‌های تولید شده در خاک از وزنی بالاتر از ۱۰ گرم برخوردار بودند. با در نظر گرفتن دوره زمانی در حدود یک سال از کاربرد کود دامی تا برداشت بنه‌های دختری و در نتیجه فرصت کافی جهت آزاد شدن عناصر غذایی از مواد آلی و تبدیل به شکل قابل جذب برای زعفران، می‌توان اظهار داشت که پایین بودن اندازه بنه‌های دختری در سال اول تحت تأثیر کمبود عناصر غذایی در خاک نبوده، بلکه مرتبط با خصوصیات مورفولوژیکی و یا فیزیولوژیکی زعفران می‌باشد. از سویی دیگر، با توجه به ارتباط مستقیم بین اندازه بنه و عملکرد تولیدی زعفران (Nassiri Mahallati, et al., 2007)، به نظر می‌رسد که بنه‌های تولید شده در سال اول کشت زعفران، ممکن است جهت کاشت چندان مناسب نباشند.

علی‌رغم عدم تأثیر معنی‌دار اثر متقابل تراکم کاشت × کاربرد کود دامی بر تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز تعداد کل بنه‌های دختری، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل ذکر شده بر عملکرد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری زعفران معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل نیز حاکی از تأثیر معنی‌دار سطوح تراکم کاشت در افزایش عملکرد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری تولید شده بود (شکل ۵ (a و b)).



شکل ٤- اثر تراکم کاشت بنه بر تعداد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم a) و تعداد کل بنه b) زعفران

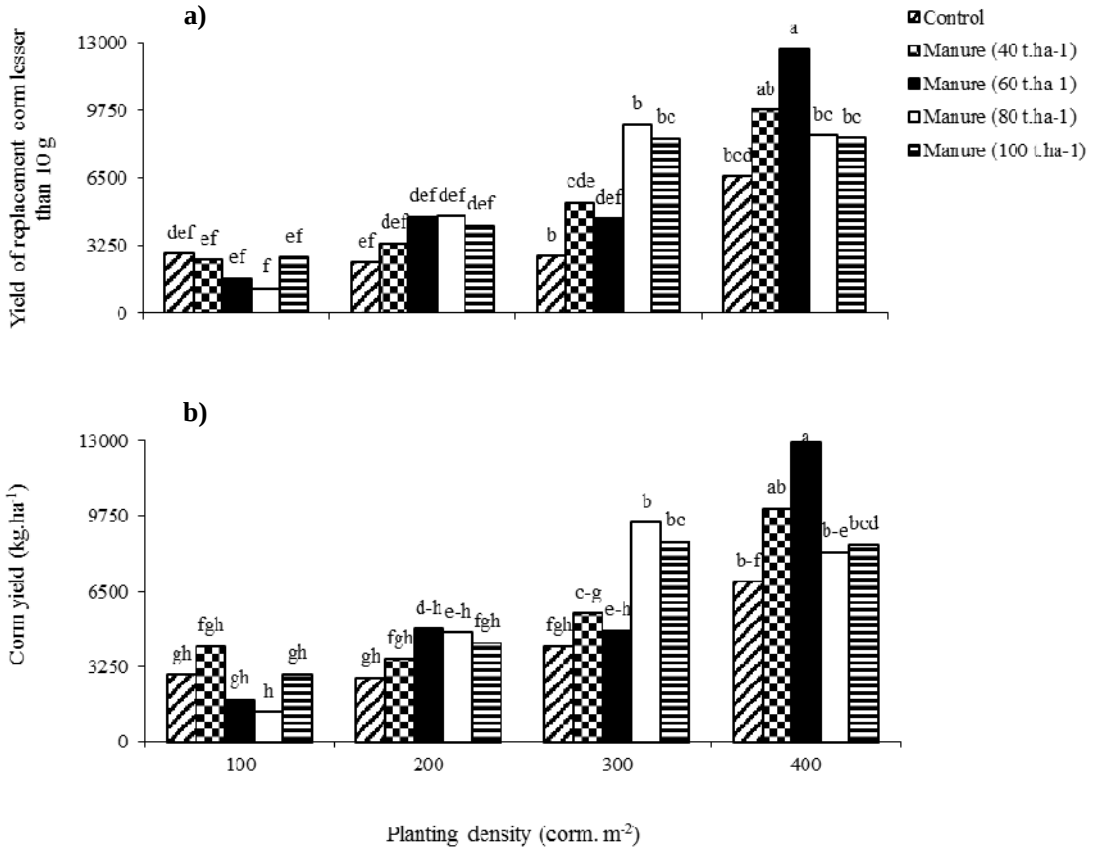
Fig. 4- Effects of corm planting density on number of replacement corm lesser than 10 g. a) and total corm number b) of saffron

از این رو به نظر می‌رسد که در سال اول اجرای آزمایش، تأثیر اثر متقابل تراکم کاشت × کاربرد کود دامی در افزایش عملکرد کل بنه-های دختری بیشتر در ارتباط با اندازه بنه بوده و تعداد بنه‌های تولید شده از اهمیت کمتری برخوردار می‌باشد. با این وجود، با توجه به ماهیت چندساله بودن دوره تولید زعفران، می‌بایست تأثیر افزایش تراکم کاشت بر اندازه و وزن بنه‌های تولید شده در سال‌های بعدی را نیز مد نظر قرار داد؛ زیرا در شرایط کاشت متراکم بنه، افزایش تعداد بنه‌های تولیدی در خاک ممکن است تأثیر منفی بر وزن و عملکرد نهایی این بنه‌ها داشته باشد. در این راستا نتایج تحقیق سه ساله کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011 a) نیز نشان داد که با افزایش تعداد بنه در واحد سطح، به دلیل تولید بنه‌های کوچک‌تر، وزن خشک این بنه‌ها در واحد سطح رو به کاهش گذاشت.

از سوی دیگر، در تراکم کاشت ۴۰۰ بنه در متر مربع، با وجود نقش مؤثر کاربرد کود دامی تا سطح ۶۰ تن در هکتار در افزایش معنی‌دار عملکرد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم و نیز عملکرد کل بنه‌های دختری در خاک، نتایج نشان داد که افزایش کاربرد کود دامی بیش از ۶۰ تن در هکتار، تأثیری در بهبود شاخص‌های ذکر شده نداشت (شکل a و b ۵). همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر گردید، کاربرد بیش از حد کود دامی ممکن است در کوتاه مدت بر رشد و عملکرد زعفران تأثیر نامطلوبی داشته باشد و با گذشت زمان و در درازمدت، اثرات مثبت آن بروز کند.

نتیجه‌گیری

به طورکلی نتایج آزمایش حاکی از نقش مؤثر کاربرد کود دامی در بهبود عملکرد گل و بنه زعفران بود. همچنین نتایج نشان داد که در سال اول، افزایش مطلوب تراکم کاشت بنه زعفران می‌تواند نقش مؤثری در بهبود عملکرد گل و بنه زعفران داشته باشد. از این رو، همان‌طور که پیش‌تر نیز ذکر گردید، برنامه‌ریزی پیرامون مدیریت صحیح کودی زعفران می‌بایست بر حسب تراکم مورد نظر کاشت انجام شود. از سویی دیگر، با در نظر گرفتن تولید سالانه بنه‌های زعفران در خاک و نیز توجه به تولید دراز مدت و پایدار مزارع این گیاه، تراکم کاشت مطلوب بنه‌های زعفران می‌بایست با در نظر گرفتن مجموعه عواملی تعیین شود که می‌توانند بر تعداد و اندازه بنه-های تولید شده زعفران در خاک تأثیر گذار باشند.



شکل ۵- اثرات متقابل تراکم کاشت بنه و کود دامی بر عملکرد بنه‌های دختری کمتر از ۱۰ گرم a) و عملکرد کل بنه b) زعفران

Fig. 5- Interaction effects of corm planting density and manure fertilizer on yield of replacement corm lesser than 10 g. a) and total corm yield b) of saffron

سپاسگزاری

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۲۲ پ مورخ ۸۹/۰۱/۲۳ تأمین شده است که بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاس‌گزاری می‌گردد.

منابع

1. Abrishami, M.H. 1997. Saffron of Iran. Toss Publications, Tehran, Iran. 320 pp. (In Persian)
2. Aghaei, M., and Rezagholizadeh, M. 2011. Iran's comparative advantage in production of saffron. Journal of Agricultural Economics and Development 25: 121-132. (In Persian with English Summary)
3. Amiri, M.E. 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 4: 274-279.
4. Behboodi, B.S., and Samadi, L. 2004. The morphological study of amyloplast distribution in *Crocus sativus* L. fibrous roots. ISHS Acta Horticulturae 650 (First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology): 49-54.
5. Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 1-14. (In Persian with English Summary)
6. Behnia, M.R. 2009. Effect of planting methods and corm density in saffron (*Crocus sativus* L.) yield in damavand region. Pajouhesh and Sazandegi 79: 101–108. (In Persian with English Summary)

7. Caiola, M.G. 2004. Saffron reproductive biology. Acta Horticulturae 650 (First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology): 25-38.
8. Chen, S., Zhang, X., Pei, D., and Sun, H. 2005. Effects of corn straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter wheat field. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 21: 171-173.
9. De-Los-Mozos-Pascual, M., Fernández, J.A., and Roldán, M. 2010. Preserving biodiversity in saffron: The *crocus* bank project and the world saffron and *Crocus* collection. Acta Horticulturae 850 (Third International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics): 23-28.
10. Foroughifar, H., and Pour Kasmani, M.E. 2002. Soil Science and Management. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 336 pp. (Translated in Persian)
11. Giaccio, M. 2004. Crocetin from saffron: an active component of an ancient spice. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 44: 155-172.
12. Izadi, Z., Ahmadvand, G., Esna-Ashari, M., and Piri, K. 2010. The effect of nitrogen and plant density on some growth characteristics, yield and essential oil in peppermint (*Mentha piperita* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8: 824-836. (In Persian with English Summary)
13. Jahan, M., and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. Acta Horticulturae 739: 81-86.
14. Javadzadeh, S.M. 2011. Prospects and problems for enhancing yield of saffron (*Crocus sativus* L.) in Iran. International Journal of Agriculture: Research and Review 1: 21-25.
15. Kafi, M. 2002. Saffron, production and processing. Zaban va Adab Publication. 276 pp (In Persian)
16. Koochaki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2012. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crop's performance. Iranian Journal of Horticultural Science 42: 379-391. (In Persian with English Summary)
17. Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A. 2011a. Investigation on the Effect of biofertilizer, chemical fertilizer and plant density on yield and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Water and Soil 25: 196-206. (In Persian with English Summary)
18. Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani, M. 2011 b. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of Saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. Journal of Agroecology 3: 36-49. (In Persian with English Summary)
19. Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy 29: 21-28.
20. Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L., and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. Soil and Tillage Research 80: 95-101.
21. Molina, R.V., García-Luis, A., Coll, V., Ferrer, C., Valero, M., Navarro, Y., and Guardiola, J.L. 2004. Flower formation in the saffron *Crocus* (*Crocus sativus* L.). The role of temperature. Acta Horticulturae 650 (First International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology): 39-48.
22. Naderi Darbaghshahi, M.R., Khajebashi, S.M., Banitaba, S.A., and Dehdashti, S.M. 2009. Effects of planting method, density and depth on yield and production period of saffron (*Crocus sativus* L.) in Isfahan region. Seed and Plant 24: 643-657. (In Persian with English Summary)
23. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2007. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 5: 155-166. (In Persian with English Summary)
24. Nehvi, F.A., Lone, A.A., Khan, M.A., and Maghdoomi, M.I. 2010. Comparative study on effect of nutrient management on growth and yield of saffron under temperate conditions of Keshmir. Acta Horticulturae 850 (Third International Symposium on Saffron: Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics): 165-170.
25. Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., and Fotoukian, M.H. 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plant 8: 98-109.
26. Pandey, D., Pandey, V.S., and Srivastava, R.P. 1979. A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Progressive Horticulture 6: 89-92.
27. Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research.
28. Shahande, H. 1990. Evaluation of chemo-physical characteristic of soil due to saffron yield at Gonabad. Report of Khorasan Science and Technology Park. (In Persian)
29. Xi, L., Qian, Z., Xu, G., Zheng, S., Sun, S., Wen, N., Sheng, L., Shi, Y., and Zhang, Y. 2007. Beneficial impact of crocetin, a carotenoid from saffron, on insulin sensitivity in fructose-fed rats. Journal of Nutritional Biochemistry 18: 64-72.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 740-730

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 730-740

تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ‌های مختلف کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد گل و دانه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

پرویز رضوانی مقدم[1*]، مسعود اکبرآبادی[2] و فاطمه حسن زاده اول[3]

تاریخ دریافت: 1390/12/20
تاریخ پذیرش: 1391/06/28

چکیده

به منظور تعیین کود آلی مناسب جهت حذف استفاده از کودهای شیمیایی و تاریخ مناسب کاشت در گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در مشهد در سال زراعی 86-1385 در قالب طرح اسپلیت پلات بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سطوح مختلف کودی در چهار سطح (نیتروژن به‌میزان 50 کیلوگرم در هکتار، کود گاوی به میزان 40 تن در هکتار، کود کمپوست به میزان 20 تن در هکتار و کود مرغی به میزان 10 تن در هکتار) به همراه شاهد (بدون کود) و فاکتور فرعی شامل تاریخ کاشت گیاه همیشه بهار، در سه سطح (21 فروردین، 11 اردیبهشت و 31 اردیبهشت ماه) بود. نتایج نشان داد که مدت زمان دوره سبز شدن تا غنچه‌دهی، غنچه‌دهی تا گل‌دهی و گل‌دهی تا رسیدن به طور معنی‌داری با تأخیر در کاشت کاهش یافت. با تأخیر در کاشت، ارتفاع بوته و وزن خشک تک بوته نیز به دلیل کاهش طول دوره رشد رویشی کاهش پیدا کرد. انواع کودها تأثیر معنی‌داری بر مراحل نمو و صفات مورفولوژیک همیشه‌بهار نداشتند. بین تیمارهای کودی، کود نیتروژن و کود مرغی نسبت به سایر تیمارهای کودی (بدون کود، کود گاوی و کود کمپوست) به طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) تعداد کاپیتول در واحد سطح، عملکرد کاپیتول در واحد سطح، عملکرد گلبرگ در واحد سطح و عملکرد دانه در واحد سطح بالاتری داشتند؛ بنابراین کود مرغی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود شیمیایی در کشت گیاه دارویی همیشه‌بهار باشد. تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری بر اکثر صفات اندازه‌گیری شده اجزاء عملکرد کاپیتول و دانه نشان دادند، بدین ترتیب که تمامی این صفات در تاریخ کاشت 21 فروردین و 11 اردیبهشت بیشتر از تاریخ کاشت 31 اردیبهشت بودند.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت کاپیتول، کمپوست، کود دامی، نیتروژن

مقدمه

در سال‌های اخیر به دلیل عوارض جانبی داروهای شیمیایی توجه خاصی به استفاده از فرآورده‌های حاصل از گیاهان دارویی شده است، این علاقه و توجه نسبت به کاربرد گیاهان و مشتقات حاصل از آن‌ها، سبب ایجاد تجارت پررونق گیاهان دارویی گردیده است (Emad, 1999). همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) از مهمترین گیاهان دارویی خانواده Asteraceae است. این گیاه معطر بوده و دارای گل‌هایی به رنگ زرد یا نارنجی زیبا می‌باشد که حاوی ترکیبات فلاونوئید، ساپونین و کاروتنوئید بوده و دارای اثرات درمانی ضدالتهاب، التیام زخم، میکروب‌کشی و ضدتشنج می‌باشد. همیشه‌بهار، به خوبی به اقلیم معتدل نواحی مدیترانه‌ای سازگار شده و قسمت‌های مورد استفاده آن سرگل‌ها (کاپیتول‌ها) و یا روغن فرار حاصله می‌باشد (Van Wyk & Wink, 2004).

مدیریت کود یک عامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی است (Cabrera et al., 2009) و عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان دارویی و فرآورده‌های آن‌ها، شرط اصلی سالم و طبیعی بودن آن‌ها است (Tahami Zarandi et al., 2011). کاربرد کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه در کشاورزی جهت افزایش عملکرد و تأمین مواد غذایی مورد نیاز جمعیت روزافزون بشر، سبب بروز مشکلاتی شده که آلودگی محیط زیست از مهمترین آن‌ها است. یکی از راه‌های پیشنهادی برای حل این مشکل جایگزینی منابع غیرآلی با منابع آلی است که در مقایسه با کودهای مورد استفاده در سیستم‌های کشاورزی رایج اثرات بسیار کمتری بر محیط دارد (Johri et al., 1992). استفاده از کودهای آلی مانند کودهای حیوانی و

1، 2 و 3- به ترتیب استاد، کارشناس ارشد زراعت و دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

کمپوست در سیستم‌های ارگانیک و مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و نقش مهمی در باروری پایدار خاک ایفا کرده و تولید محصول را افزایش می‌دهد (Cabrera et al., 2009). سطح ویژه زیاد مواد آلی و ساختار شیمیایی آن‌ها مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی را ذخیره کرده و به مرور زمان در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Soumare et al., 2003). خالید و همکاران (Khalid et al., 2006) گزارش کردند که کاربرد کود دامی در کشت همیشه‌بهار موجب افزایش جذب عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز شده است.

تاریخ کاشت مناسب یکی از عوامل مهم و مؤثر جهت رسیدن به پتانسیل عملکرد در گیاهان می‌باشد. تأثیر عوامل محیطی بر مراحل نمو یک گیاه باعث می‌شود که تاریخ کاشت از منطقه‌ای به منطقه دیگر فرق کند. انتخاب تاریخ کاشت مناسب به علت ضرورت استفاده حداکثر از منابع طی فصل رشد دارای اهمیت است (Koocheki et al., 1997). هدف از تعیین تاریخ کاشت مناسب، مشخص کردن بهترین زمان کاشت رقم یا گروهی از ارقام مشابه گیاهان زراعی است، به طوری‌که مجموعه عوامل محیطی درآن زمان، برای سبزشدن، استقرار و بقاء گیاهچه مناسب باشد ضمن این‌که هر مرحله از رشد نیز با شرایط مطلوب خود روبه‌رو شود (Kafi et al., 2000). در کاشت خیلی زود، پایین بودن دمای خاک و صدمات ناشی از یخبندان موجب استقرار ضعیف گیاهان در بهار می‌گردد. تأخیر زیاد در کاشت نیز به علت کوتاه کردن دوره رشد گیاه و احتمال خشک بودن بستر بذر اثرات نامطلوبی بر رشد و نمو گیاهان دارد (Abdel Rahman et al., 2001).

ثقه‌الاسلامی و موسوی (Seghat Al-Eslami & Mousavi, 2008) در بررسی اثر تاریخ کاشت بر عملکرد دانه و گل همیشه‌بهار نتیجه گرفتند که کاشت زودتر، توانست بیشترین عملکرد گل و دانه را تولید کند. ایشان عملکرد گل بیشتر در تاریخ کاشت زودتر را نتیجه افزایش طول دوره رشد و استفاده از شرایط اقلیمی مناسب اوایل بهار دانستند که سبب شد در مجموع تعداد گل بیشتری در متر مربع تولید شود آن‌ها عنوان نمودند که همین موضوع نیز سبب افزایش عملکرد دانه در این تیمارها شد. برتی و همکاران (Berti et al., 2003) در بررسی چهار تاریخ کاشت و دو کولتیوار همیشه‌بهار در سال‌های زراعی 2000- 1998 در منطقه شیلی گزارش نمودند که با تأخیر در کاشت تعداد بوته در واحد سطح و تعداد کاپیتول به ازاء بوته افزایش یافت. اما عملکرد نهایی در تاریخ کاشت ابتدای ژوئن (15 خرداد) بهتر از سایر تاریخ‌های کاشت مورد مطالعه (5 آگوست (15 مرداد)، 7 سپتامبر (17 شهریور) و 14 اکتبر (23 مهر)) بود و در نهایت هر تاریخ کاشتی از ژوئن تا اکتبر را برای این منطقه قابل توصیه دانستند.

هدف از این بررسی تعیین کود دامی مناسب برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای همیشه‌بهار در جهت حذف استفاده از کودهای شیمیایی در کشت و کار این گیاه و همچنین تعیین تاریخ مناسب کاشت همیشه‌بهار برای نیل به حداکثر تولید گل و گلبرگ و نیز بالاترین عملکرد دانه بود.

مواد و روش‌ها

جهت یافتن کود آلی مناسب و تعیین تاریخ مناسب کاشت در گیاه همیشه‌بهار آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 999/2 متر از سطح دریا در سال زراعی 86-1385 انجام شد. آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی شامل سطوح مختلف کودی در چهار سطح (نیتروژن 50 کیلوگرم در هکتار، کود گاوی به میزان 40 تن در هکتار، کود کمپوست 20 تن در هکتار و کود مرغی10 تن در هکتار) به همراه شاهد (بدون کود) و فاکتور فرعی شامل تاریخ کاشت گیاه همیشه‌بهار، در سه سطح (21 فروردین، 11 اردیبهشت و 31 اردیبهشت ماه) بود. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک به طور تصادفی نمونه‌گیری و خصوصیات آن تعیین گردید (جدول 1). همچنین میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در کودهای دامی و کمپوست مورد استفاده تعیین شد (جدول 2).

در مهرماه عملیات شخم و تسطیح زمین و پس از آن کرت‌بندی انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایش 3×3 در نظر گرفته شد. در آبان ماه تیمارهای کود آلی (کود گاوی 40 تن در هکتار، کود کمپوست به میزان 20 تن در هکتار و کود مرغی به میزان 10 تن در هکتار) بر اساس نقشه طرح به کرت‌ها اضافه شده و توسط بیل دستی تا عمق 20 سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. عملیات کاشت در تاریخ‌های تعیین شده با دست و به صورت ردیفی با تراکم 60 بوته در مترمربع انجام شد و 50% از کود نیتروژن (مربوط به تیمار 50 کیلوگرم در هکتار نیتروژن) همراه با کاشت به کرت‌های مزبور افزوده شد. کود نیتروژن مورد استفاده اوره (دارای 46 درصد نیتروژن) بود. در طی فصل رشد عملیات داشت شامل آبیاری (هفته‌ای یک بار)، مبارزه با علف‌های‌هرز به طور دستی (دو مرحله) انجام گردید. باقیمانده کود نیتروژن مربوط به تیمار 50 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در 25% گل‌دهی به صورت سرک در داخل ردیف‌ها ریخته شد و پس از آن اقدام به آبیاری گردید.

مراحل نمو شامل تاریخ سبز شدن، زمان غنچه‌دهی، زمان گل‌دهی و زمان تشکیل و رسیدن بذر با توجه به تاریخ‌های مختلف

کاشت یادداشت‌برداری شد. یادداشت برداری جهت ثبت تاریخ سبز شدن هر دو روز یک بار و برای ثبت سایر مراحل دو بار در هفته انجام پذیرفت.

به منظور تعیین ارتفاع گیاه و وزن خشک در هر تیمار، قبل از برداشت 10 بوته از هر کرت فرعی به طور تصادفی انتخاب و ارتفاع گیاه و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید.

جهت تعیین ماده خشک تولیدی و عملکرد کاپیتول خشک در واحد سطح، نمونه‌برداری از هر کرت فرعی با توجه به زمان رسیدن به صد در صد گل‌دهی انجام شد. بدین منظور، سطحی به مساحت یک متر مربع (با در نظر گرفتن اثر حاشیه) در هر کرت در نظر گرفته شده و در مرحله باز شدن کامل گل، تمامی بوته‌های آن از محل طوقه برداشت شد. اولین تاریخ برداشت (کرت‌های کشت شده در اولین تاریخ کاشت) در روز 25 تیر ماه و آخرین تاریخ برداشت شش شهریور ماه بود. پس از برداشت، نمونه‌ها در کیسه‌های پارچه‌ای قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه ابتدا نمونه‌ها توزین و بلافاصله کاپیتول‌های هر نمونه جدا گردید و توزین شد. به منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌ها در آون تهویه‌دار با دمای 40 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت قرار داده شدند.

پس از تعیین مقدار کل ماده خشک تولیدی و تولید کاپیتول خشک در هر تیمار در طی فصل رشد، شاخص برداشت کاپیتول با استفاده از معادله (1) محاسبه شد.

$$HI_f(\%) = \frac{FYLD}{TDM} \times 100$$

معادله (1)

در این معادله، HI_f: شاخص برداشت کاپیتول (درصد)، FYLD: مجموع عملکرد کاپیتول خشک در طی دوره رشد و TDM: مجموع ماده خشک تولیدی (بیوماس) تا زمان گل‌دهی کامل است.

به منظور تعیین عملکرد گلبرگ در هر کرت، تعداد 25 کاپیتول از هر کرت به صورت تصادفی در مرحله گل‌دهی کامل برداشت شد. در آزمایشگاه ابتدا کاپیتول‌ها توزین شده و سپس گلبرگ‌ها از کاپیتول جدا گردیده و توزین شدند. وزن خشک نمونه‌ها مانند قبل تعیین گردید و درصد ماده خشک گلبرگ محاسبه گردید.

برای محاسبه نسبت گلبرگ به کاپیتول از تقسیم وزن گلبرگ به وزن کاپیتول استفاده شد. مقدار کل تولید گلبرگ در واحد سطح از حاصل‌ضرب وزن گلبرگ به ازای کاپیتول در تعداد کاپیتول در واحد سطح محاسبه شد و سپس با استفاده از معادله (2) شاخص برداشت گلبرگ محاسبه شد.

$$HI_{Pet}(\%) = \frac{PDW}{TDM} \times 100$$

معادله (2)

در این معادله، $HI_{Pet}(\%)$: شاخص برداشت گلبرگ (درصد)، PDW: وزن خشک گلبرگ در واحد سطح و TDM: کل ماده خشک تولیدی (بیوماس) در مرحله گل‌دهی است.

جهت تعیین مقدار کل تولید دانه در واحد سطح، با توجه به زمان رسیدگی کامل دانه برداشت کاپیتول به طور همزمان در تمامی کرت-ها در پانزدهم شهریور انجام شد. بدین منظور، سطحی به مساحت یک متر مربع (با در نظر گرفتن اثر حاشیه) در هر کرت در نظر گرفته شده و کل کاپیتول‌ها (در مرحله رسیدگی کامل دانه) برداشت شد و عملکرد دانه محاسبه گردید.

کل ماده خشک تولیدی (بیوماس) در این مرحله، با استفاده از وزن خشک تک بوته به دست آمده و ضرب کردن در تعداد بوته در واحد سطح هر کرت محاسبه شد.

برای محاسبه شاخص برداشت دانه پس از تعیین مقدار عملکرد دانه و ماده خشک تولیدی در هر کرت در طی فصل رشد، شاخص برداشت دانه با استفاده از معادله (3) محاسبه شد.

$$HI_{Seed}(\%) = \frac{SYLD}{TDM} \times 100$$

معادله (3)

در این معادله، $HI_{Seed}(\%)$: شاخص برداشت بذر (درصد)، $SYLD$: عملکرد دانه در طی دوره رشد و TDM: مجموع ماده خشک تولیدی (بیوماس) تا زمان رسیگی کامل بذر است.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم افزار Mstat-c صورت گرفت، سپس مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت و نمودارها توسط نرم افزار Excel ترسیم شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

بافت خاک Soil texture	نیتروژن (پی-پی‌ام) N (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	pH	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لومی– سیلت Loamy- silt	17	18	170	7.05	3.21

جدول 2- درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم انواع کودهای آلی مورد استفاده

Table 2- Nitrogen, phosphorus and potassium percentage in different used organic fertilizers

	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)
کود گاوی Cow manure	0.64	0.06	0.23
کمپوست Compost	0.88	0.51	0.49
کود مرغی Hen manure	1.15	1.71	1.44

نتایج و بحث

1- مراحل نمو

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مدت زمان سبز شدن تا غنچه‌دهی، غنچه‌دهی تا گل‌دهی و گل‌دهی تا رسیدن به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت. کودهای مصرف شده تأثیر معنی‌داری روی زمان وقوع هیچ یک از مراحل نمو گیاه همیشه‌بهار نداشتند (جدول 3). تبریزی (Tabrizi, 2004) در بررسی اثر کود دامی روی گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و پسیلیوم (*P. psyllium* L.) گزارش کرد که هیچکدام از تیمارهای کودی اعمال شده تأثیری بر وقوع مراحل نمو دو گیاه نداشتند و مراحل نمو بیشتر تحت تأثیر درجه روز، طول روز (فتوپریود) و شرایط آبی (بارندگی و رطوبت خاک) قرار دارند.

هیچکدام از تیمارهای اعمال شده تأثیرمعنی‌داری در مدت زمان کاشت تا سبز شدن گیاهچه نداشتند (جدول 3). مدت زمان دوره سبز شدن تا غنچه‌دهی، غنچه‌دهی تا گل‌دهی و گل‌دهی تا رسیدن به طور معنی‌داری با تأخیر در کاشت کاهش یافت (جدول 4). کاهش طول مراحل نمو در تاریخ‌های کاشت دوم و سوم ممکن است به دلیل افزایش درجه حرارت روزانه باشد. به ازاء هر 20 روز تأخیر در کاشت از 21 فروردین، مدت زمان سبز شدن تا غنچه‌دهی سه روز کاهش یافت (جدول 4). اصغری پورچمن (Asghari pourchaman, 2002) در بررسی پنج تاریخ کاشت مختلف روی گیاه دارویی اسفرزه، گزارش کرد با تأخیر در کاشت، مدت زمان سبز شدن تا غنچه‌دهی و غنچه-دهی تا گل‌دهی کاهش پیدا کرد.

2- صفات مورفولوژیک

کودهای مصرف شده تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته و وزن خشک تک بوته گیاه همیشه‌بهار نداشتند (جدول 3). جهان و کوچکی (Jahan & Koocheki, 2004) در کشت مخلوط بابونه (*Matricaria chamomilla* L) و همیشه‌بهار گزارش کردند که تیمار کود دامی، ارتفاع و وزن خشک بوته همیشه‌بهار را تحت تأثیر قرار نداد. آن‌ها عدم واکنش گیاه همیشه‌بهار به کود دامی را به خاطر وجود ریشه راست و عمیق آن دانستند به طوری‌که ریشه عمیق همیشه‌بهار با گذشتن از لایه سطحی خاک دارای کود دامی نتوانست از فواید کود دامی استفاده کند. خالید و همکاران (Khalid et al., 2006) نشان دادند که کاربرد کود دامی موجب افزایش ارتفاع بوته و وزن خشک بوته در همیشه‌بهار در دو فصل مورد آزمایش شد.

تاریخ کاشت تأثیر معنی‌داری ($p\leq0/01$) بر ارتفاع بوته و وزن خشک تک بوته همیشه‌بهار نشان داد. با تأخیر در کاشت ارتفاع بوته و وزن خشک تک بوته کاهش پیدا کرد (جدول 4). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تاریخ کاشت 21 فروردین (39/5 سانتی‌متر) بود که در سطح احتمال یک درصد با تاریخ کاشت 31 اردیبهشت (33/6 سانتی‌متر) تفاوت داشت، اما تفاوت آن با تاریخ کاشت 11 اردیبهشت (37/3 سانتی‌متر) معنی‌دار نبود. کمترین وزن خشک تک بوته مربوط به آخرین تاریخ کاشت (7/9 گرم) بود که به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) با دو تاریخ کاشت قبلی (21 فروردین و 11 اردیبهشت به ترتیب 11/7 و 10/8 گرم) تفاوت داشت (جدول 4). کاهش زیست توده در بوته-های کاشته شده در تاریخ کاشت آخر احتمالاً به دلیل کاهش دوره رویشی در این تاریخ کاشت بود. اصغری پورچمن (Asghari pourchaman, 2002) گزارش کرد ارتفاع بوته در اسفرزه با تأخیر در کاشت کاهش یافت وی دلیل این امر را کوتاه شدن دوره رشد رویشی ذکر کرد. علت دیگر این امر را می‌توان افزایش شدت نور به دلیل تأخیر کاشت دانست به طوری‌که با افزایش شدت نور به دلیل تجزیه هورمون اکسین، غالبیت انتهایی گیاهان کاهش می‌یابد و همچنین با فراهمی نور رقابت بر سر کسب نور و در نتیجه افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) مراحل نمو و صفات مورفولوژیک همیشه‌بهار تحت تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of Pot Marigold development stages and morphological traits by organic fertilizer types and different sowing dates

صفات مورفولوژیک Morphological traits		مراحل نمو Development stages					
وزن خشک Dry matter	ارتفاع بوته Plant height	گل‌دهی تا رسیدن Flowering-ripening	غنچه‌دهی تا گل‌دهی Budding-flowering	سبزشدن تا غنچه‌دهی Emergence-budding	کاشت تا سبزشدن Sowing-emergence	درجه آزادی df	منابع تغییر Source of variance
0.696 ns	8.72 ns	4.96 ns	2.16 ns	38.6 ns	1.09 ns	2	تکرار (R) Replication (R)
2.70 ns	21.9 ns	62.7 ns	35.9 ns	42.0 ns	0.978 ns	4	کود (F) Fertilizer (F)
4.92	15.3	38.2	12.6	17.5	1.89	8	خطا (a) Error (a)
59.0 **	133**	64.8 **	53.7 **	150 **	1.09 ns	2	تاریخ کاشت (S) Sowing date (S)
1.17 ns	5.61 ns	15.7 ns	6.13 ns	14.1 ns	1.56 ns	8	کود × تاریخ کاشت F×S
1.79	8.86	8.59	8.51	7.92	1.63	20	خطا (b) Error (b)
13.1	8.08	9.29	10.69	5.83	10.33	-	ضریب تغییرات (درصد) CV %

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

ns, * and **: represent non-significant, significant at 5% level and significant at 1% level, respectively.

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین مراحل نمو و صفات مورفولوژیک همیشه‌بهار تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 4- Means comparison of Pot Marigold development stages and morphological traits by different sowing dates

وزن خشک (گرم) Dry matter (g)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	گل‌دهی تا رسیدن (روز) Flowering-ripening (day)	غنچه‌دهی تا گل‌دهی (روز) Budding-flowering (day)	سبز شدن تا غنچه‌دهی (روز) Emergence-budding (day)	کاشت تا سبز شدن (روز) Sowing-emergence (day)	تاریخ کاشت Sowing date
11.7 a	39.5 a	33.9 a	29.3 a	51.3 a	12.7 a	21 فروردین 10th April
10.8 a	37.3 a	30.7 b	26.9 b	48.1 b	12.3 a	11 اردیبهشت 1th May
7.93 b	33.6 b	29.9 b	25.6 b	45.2 c	12.1 a	31 اردیبهشت 21th May

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

3- عملکرد و اجزاء عملکرد کاپیتول

تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر تعداد کاپیتول در بوته همیشه‌بهار نشان ندادند اما این صفت تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت (جدول 5). بیشترین تعداد کاپیتول در بوته مربوط به اولین تاریخ کاشت (6/25 کاپیتول در بوته) بود که با دومین تاریخ کاشت (6/15 کاپیتول در بوته) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد کاپیتول در بوته مربوط به تاریخ کاشت سوم (4/52 کاپیتول در بوته) بود که با دو تاریخ کاشت قبلی تفاوت معنی‌داری ($p\leq 0/01$)

نشان داد. گنجعلی و همکاران (Ganjali et al., 2010) عنوان کردند که در تاریخ کاشت 13 فروردین، بیشترین تعداد گل در بوته به دست آمد. اما بریماوندی و همکاران (Berimavandi et al., 2011) در بررسی اثر تراکم و تاریخ‌های مختلف کاشت گیاه همیشه‌بهار (31 فروردین، 10 اردیبهشت و 20 اردیبهشت) در رشت نتیجه گرفتند که تعداد گل در بوته تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت. برتی و همکاران (Berti et al., 2003) در بررسی خود در منطقه شیلی (واقع در نیم‌کره جنوبی) گزارش کردند با تأخیر در کاشت همیشه‌بهار از ابتدای ژوئن (15 خرداد) تا 14 اکتبر (23 مهر) تعداد کاپیتول به ازاء بوته افزایش یافت.

تعداد کاپیتول در واحد سطح در این آزمایش به طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی قرار گرفت (جدول 5)، به طوری‌که بیشترین تعداد کاپیتول در تیمار کودی 50 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کود مرغی مشاهده شد و تیمار کود گاوی کمترین تعداد کاپیتول را در واحد سطح تولید کرد (جدول 6). دو تیمار کود نیتروژن و کود مرغی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ($p\leq0/05$) نداشتند، ولی با سه تیمار کودی دیگر (بدون کود، کود گاوی و کود کمپوست) در سطح احتمال پنج درصد متفاوت بودند. با توجه به این- که کود مرغی در مقایسه با سایر کودهای آلی دارای مقادیر فسفر و پتاسیم بیشتری است (جدول 2)، دلیل احتمالی این امر را می‌توان به ایجاد تعادل عناصر غذایی نسبت داد (Mohamad Abadi et al., 2011). در تاریخ کاشت 31 اردیبهشت تعداد کاپیتول‌های کمتری در واحد سطح تولید شد، تاریخ‌های کاشت اول و دوم با هم تقریباً یکسان و در سطح احتمال یک درصد نسبت به سومین تاریخ کاشت برتری داشتند (جدول 6). کاهش تعداد کاپیتول در واحد سطح با تأخیر در کاشت ناشی از کاهش تعداد کاپیتول در بوته بود (جدول 6).

وزن تر کاپیتول در بوته و درصد ماده خشک کاپیتول در تیمارهای کودی مختلف از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول 5). یکسان بودن وزن تر کاپیتول در بوته و درصد ماده خشک کاپیتول در تیمارهای کودی مختلف ممکن است به این دلیل باشد که سطوح تغذیه‌ای در تیمارهای اعمال شده نزدیک بوده است. خالید و همکاران (Khalid et al., 2006) گزارش کردند که با افزودن کود دامی مقدار وزن تر و خشک کاپیتول‌های همیشه‌بهار به ازاء بوته افزایش یافت. عامری (Ameri, 2007) در بررسی چهار سطح کود نیتروژن (صفر، 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار) گزارش کرد که بین تمامی سطوح مختلف مصرف نیتروژن از لحاظ وزن کاپیتول اختلاف وجود داشت و با افزایش مقدار نیتروژن وزن کاپیتول همیشه- بهار افزایش یافت. وزن تر کاپیتول‌های تولید شده در یک بوته و درصد ماده خشک کاپیتول تحت تأثیر تیمار تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت (جدول 5). با تأخیر در کاشت وزن تر کاپیتول در بوته و درصد ماده خشک کاپیتول کاهش معنی‌داری ($p\leq0/01$) نشان داد (جدول 6).

تفاوت عملکرد ماده خشک کاپیتول به ازاء واحد سطح در تیمارهای کودی مختلف معنی‌دار ($p\leq0/05$) بود (جدول 5). تیمارهای کود نیتروژن و کود مرغی در سطح احتمال پنج درصد نسبت به سایر تیمارهای کودی (بدون کود، کود گاوی و کود کمپوست) تولید بالاتری داشتند (جدول 6). عملکرد کاپیتول تحت تأثیر تعداد کاپیتول در واحد سطح و وزن کاپیتول می‌باشد و از آنجا که تأثیر تیمارهای کودی بر وزن کاپیتول ناچیز بود، می‌توان نتیجه گرفت که این تیمارها از طریق تأثیر بر تعداد کاپیتول در واحد سطح، عملکرد کاپیتول را تحت تأثیر قرار داده‌اند. جهان و کوچکی (Jahan & Koocheki, 2004) در کشت مخلوط بابونه و همیشه‌بهار گزارش کردند که سطوح پائین مصرف کود دامی عملکرد کاپیتول کمتری نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) و سطوح بالا عملکرد بیشتری نسبت به شاهد داشت. عملکرد کاپیتول تحت تأثیر تیمار تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت (جدول 5). تاریخ کاشت 21 فروردین و 11 اردیبهشت به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$)، مقدار عملکرد ماده خشک کاپیتول به ازاء واحد سطح بالاتری نسبت به تاریخ کاشت 31 اردیبهشت نشان دادند (جدول 6). برتی و همکاران (Berti et al., 2003) در بررسی خود بر روی گیاه همیشه‌بهار گزارش کردند که با تأخیر در کاشت عملکرد کاپیتول در واحد سطح کاهش پیدا کرد اما بریماوندی و همکاران (Berimavandi et al., 2011) نتیجه گرفتند که وزن خشک کاپیتول همیشه‌بهار در واحد سطح تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت قرار نگرفت.

مقدار گلبرگ تازه به دست‌آمده در واحد سطح در تیمارهای کودی مختلف در این آزمایش متفاوت بود (جدول 5). تیمار 50 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و تیمار کود مرغی به طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) با سه تیمار کودی دیگر اختلاف نشان دادند (جدول 6). همچنین عملکرد گلبرگ در واحد سطح تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت (جدول 5)، به طوری‌که این مقدار در سومین تاریخ کاشت نسبت به دو تاریخ کاشت اول و دوم کمتر بود (جدول 6).

بین تیمارهای کودی مختلف از لحاظ شاخص برداشت گلبرگ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 5). اما این شاخص تحت تأثیر تیمار تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت بدین ترتیب که در سومین تاریخ کاشت نسبت به دو تاریخ کاشت قبلی بالاتر بود اما بین دو تاریخ کاشت اول و دوم تفاوت معنی‌دار ($p\leq0/05$) وجود نداشت (جدول 6). افزایش این شاخص با تأخیر در کاشت ممکن است به - علت کاهش وزن خشک بوته با تأخیر در کاشت (به‌دلیل کوتاه شدن دوره رویشی) و تأثیر کمتر بر رشد زایشی صورت گرفته باشد.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد کاپیتول همیشه‌بهار تحت تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of Pot Marigold yield and yield components of capitula by organic fertilizer types and different sowing dates

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	تعداد کاپیتول No. of inflorescences	تعداد کاپیتول No. of inflorescences	وزن تر کاپیتول در بوته Fresh weight of inflorescences per plant	درصد ماده خشک کاپیتول Inflorescences dry weight percentage	عملکرد کاپیتول Inflorescences yield	شاخص برداشت کاپیتول Inflorescences harvest index	وزن گلبرگ در کاپیتول Petal weight of inflorescences	عملکرد گلبرگ Petal yield per area	شاخص برداشت گلبرگ Petal harvest index
تکرار (R) Replication (R)	2	11768 ns	0.165 ns	1.55 ns	0.007 ns	85709 ns	0.0005 ns	0.001 ns	3701 ns	0.00001 ns
کود (F) Fertilizer (F)	4	53097 *	0.996 ns	5.97 ns	0.081 ns	320242 *	0.002 ns	0.005 ns	14921 *	0.0002 ns
خطا (a) Error (a)	8	10324	2.14	11.6	0.143	69244	0.003	0.006	2221	0.0001
تاریخ کاشت (S) Sowing date (S)	2	83742 **	14.2 **	120 **	1.36 **	630048 **	0.001 ns	0.003 ns	24982 **	0.0005 *
کود × تاریخ کاشت F×S	8	2697 ns	0.354 ns	2.71 ns	0.075 ns	21635 ns	0.001 ns	0.004 ns	602 ns	0.0001 ns
خطا (b) Error (b)	20	6560	0.571	5.11	0.054	43989	0.001	0.006	2353	0.00005
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	24.4	13.4	15.5	2.02	24.4	10.3	12.2	24.4	10.6

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

ns, * and **: represent non-significant, significant at 5% level and significant at 1% level, respectively.

جدول ٦- نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کاپیتول همیشه‌بهار تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 6- Means comparison of Pot Marigold yield and yield components of capitula by different sowing dates

شاخص برداشت گلبرگ (درصد) Petal harvest index (%)	عملکرد گلبرگ (گرم در مترمربع) Petal yield per area ($g.m^{-2}$)	وزن گلبرگ در کاپیتول (گرم) Petal weight of inflorescences (g)	شاخص برداشت کاپیتول (درصد) Inflorescences harvest index (%)	عملکرد کاپیتول (گرم در مترمربع) Inflorescences yield ($g.m^{-2}$)	درصد ماده خشک کاپیتول (درصد) Inflorescences dry weight percentage (%)	وزن تر کاپیتول در بوته (گرم) Fresh weight of inflorescences per plant (g)	تعداد کاپیتول در واحد سطح No. of inflorescences per area ($No.m^{-2}$)	تعداد کاپیتول در بوته No. of inflorescences per plant	تیمار Treatment
									انواع کودهای آلی Organic fertilizer types
0.077 ns	175 b	0.609 ns	0.284 ns	87.4 b	11.4 ns	13.9 ns	298 b	5.39 ns	شاهد Control
0.070 ns	248 a	0.610 ns	0.255 ns	121 a	11.4 ns	15.0 ns	416 a	5.83 ns	کود نیتروژن Nitrogen fertilizer
0.080 ns	170 b	0.647 ns	0.285 ns	82.6 b	11.6 ns	14.7 ns	264 b	5.46 ns	کود گاوی Cow manure
0.078 ns	162 b	0.598 ns	0.281 ns	80.1 b	11.6 ns	13.8 ns	267 b	5.38 ns	کمپوست Compost
0.069 ns	237 a	0.582 ns	0.261 ns	123 a	11.6 ns	15.7 ns	413 a	6.13 ns	کود مرغی Hen manure
									تاریخ کاشت Sowing date
0.071 b	226 a	0.616 ns	0.265 ns	116 a	11.8 a	16.8 a	372 a	6.25 a	۲۱ فروردین 10th April
0.073 b	217 a	0.592 ns	0.271 ns	111 a	11.6 a	15.6 a	377 a	6.15 a	۱۱ اردیبهشت 1th May
0.081 a	152 b	0.619 ns	0.283 ns	69.5 b	11.2 b	11.4 b	245 b	4.52 b	۳۱ اردیبهشت 21th May

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

4- عملکرد و اجزاء عملکرد دانه

تیمارهای کودی مختلف اثر معنی‌داری ($p\leq0/05$) بر تعداد دانه در کاپیتول، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت دانه نشان ندادند اما عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار انواع مختلف کودها قرار گرفت (جدول 7). بالاترین مقدار عملکرد دانه در واحد سطح مربوط به تیمار کودی 50 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن بود که نسبت به تیمارهای بدون کود، 40 تن در هکتار کود گاوی و 20 تن در هکتار کود کمپوست در سطح احتمال پنج برتری داشت (جدول 8). تیمار کودی 10 تن در هکتار کود مرغی عملکرد بالاتری نسبت به سه تیمار ذکر شده داشت و نسبت به تیمار کود نیتروژن عملکرد پائین‌تری داشت اما این تفاوت‌ها معنی‌دار ($p\leq0/05$) نبود (جدول 8). اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2002) در بررسی سیستم‌های مختلف تغذیه در گیاه زنیان (*Carum copticum* L.) گزارش کردند که افزودن کود دامی و کود نیتروژن هر دو باعث افزایش وزن هزار دانه در این گیاه شد. خالید و همکاران (Khalid et al., 2006) گزارش کردند که افزودن کود دامی باعث افزایش وزن دانه در هر بوته همیشه‌بهار شد. محمدآبادی و همکاران (Mohamad Abadi et al., 2011) در آزمایش خود در بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) به این نتیجه رسیدند که تیمار کود شیمیایی اوره و فسفات آمونیوم در مقابل کودهای آلی (کود گاوی، کود گوسفندی، کود مرغی و کمپوست) دارای برتری نسبی در صفات کمی مورد ارزیابی بود اما شاخص‌های کیفی آن تا حدودی تحت تأثیر نوع کود آلی قرار گرفت و تیمار کود مرغی بیشترین درصد قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی برگ را دارا بود.

تاریخ‌های مختلف کاشت تأثیر معنی‌داری ($p\leq0/01$) بر تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته و عملکرد دانه نشان دادند و شاخص برداشت دانه نیز به طور معنی‌داری ($p\leq0/05$) تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت قرار گرفت (جدول 7)، بدین ترتیب که تمامی این صفات در تاریخ کاشت 21 فروردین و 11 اردیبهشت بیشتر از تاریخ کاشت 31 اردیبهشت بود (جدول 8). اصغری پورچمن (Asghari Pourchaman, 2002) گزارش کرد با تأخیر در کاشت تعداد دانه در بوته در گیاه دارویی اسفرزه کاهش پیدا کرد. وی اظهار داشت این کاهش به علت کوتاه‌تر شدن دوره رشد و تولید ماده خشک کل کمتر و نیز اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی به دانه‌ها بود. موسوی و همکاران (Mosavi et al., 2012) عنوان نمودند تأخیر در کاشت عمدتاً از طریق کاهش تعداد سنبله در واحد سطح و کاهش تعداد دانه در سنبله تأثیر عمده‌ای را بر کاهش عملکرد دانه اسفرزه داشت. دوری (Dorry, 2006) عدم تأثیر معنی‌دار تاریخ کاشت را بر تعداد سنبله در بوته اسفرزه گزارش کرد و علت این امر را نزدیک بودن دو تاریخ کاشت (نیمه دوم بهمن و نیمه اول اسفند) اعلام نمود.

جدول 7- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد دانه همیشه‌بهار تحت تأثیر انواع کودهای آلی و تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 7- Analysis of variance (mean of squares) of Pot Marigold seed yield and yield components by organic fertilizer types and different sowing dates

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	تعداد دانه در کاپیتول No. of seed per inflorescences	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد Seed yield	شاخص برداشت دانه Seed harvest index
تکرار(R) Replication (R)	2	3.29 ^{ns}	839 ^{ns}	0.191 ^{ns}	0.065 ^{ns}	13434 **	0.001 ^{ns}
کود (F) Fertilizer (F)	4	25.7 ^{ns}	4524 ^{ns}	0.476 ^{ns}	0.073 ^{ns}	9683 *	0.001 ^{ns}
خطا (a) Error (a)	8	13.1	3270	0.290	1.91	1520	0.002
تاریخ کاشت (S) Sowing date (S)	2	42.0 ^{ns}	38088 **	4.92 **	3.35 ^{ns}	28560 **	0.003 *
کود x تاریخ کاشت F×S	8	9.17 ^{ns}	852 ^{ns}	0.103 ^{ns}	0.785 ^{ns}	501 ^{ns}	0.0005 ^{ns}
خطا (b) Error (b)	20	12.7	1170	0.149	1.267	1173	0.0005
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	8.22	13.9	16.7	12.01	21.14	9.78

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

ns, * and **: represent non-significant, significant at 5% level and significant at 1% level, respectively.

جدول 8- نتایج مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه همیشه‌بهار تحت تأثیر تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 8- Means comparison of Pot Marigold seed yield and yield components by different sowing dates

تیمار Treatment	تعداد دانه در کاپیتول No. of seed per inflorescences	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت دانه (درصد) Seed harvest index (%)
انواع کودهای آلی Organic fertilizer types						
شاهد Control	42.7 ns	229 ns	2.08 ns	9.23 ns	146 b	0.217 ns
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	45.5 ns	266 ns	2.50 ns	9.42 ns	213 a	0.241 ns
کود گاوی Cow manure	42.9 ns	234 ns	2.21 ns	9.40 ns	135 b	0.216 ns
کمپوست Compost	41.3 ns	225 ns	2.16 ns	9.36 ns	139 b	0.217 ns
کود مرغی Hen manure	44.7 ns	274 ns	2.61 ns	9.46 ns	178 ab	0.237 ns
تاریخ کاشت Sowing date						
21 فروردین 10th April	45.0 ns	282 a	2.78 a	9.86 ns	193 a	0.236 a
11 اردیبهشت 1th May	43.6 ns	267 a	2.48 a	9.35 ns	181 a	0.230 a
31 اردیبهشت 21th May	41.7 ns	188 b	1.68 b	8.91 ns	112 b	0.211 b

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

نتیجه‌گیری

وقوع مراحل نمو گیاه همیشه‌بهار (سبز شدن، غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی دانه) کمتر تحت تأثیر عوامل تغذیه‌ای قرار گرفت، اما با تأخیر در کاشت از 21 فروردین تا 31 اردیبهشت و گرم شدن هوا طول مراحل نمو گیاه کوتاه‌تر شد. بهترین تیمار کودی از نظر عملکرد کاپیتول و دانه، تیمار 50 کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود اما با تیمار 10 تن در هکتار کود مرغی اختلاف معنی‌داری نداشت. از این رو کود مرغی می‌تواند به عنوان گزینه مناسبی برای جایگزین کردن با کود نیتروژن در کشت همیشه‌بهار مطرح باشد. با تأخیر در زمان کاشت عملکرد کاپیتول و دانه کاهش یافت، ولی بین تاریخ کاشت 21 فروردین و 11 اردیبهشت در اکثر صفات اندازه‌گیری شده تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بنابراین تاریخ کاشت مناسب همیشه‌بهار در این منطقه می‌تواند از اواسط فروردین تا اواسط اردیبهشت انتخاب شود.

منابع

Abdel Rahman, A.M., Lazim Magboul, E., and Abdelatief, E.N. 2001. Effect of sowing date and cultivar on the yield and yield components of Maize in northern Sudan. Seventh Eastern Africa Regional Maize Conference, 11-15 February, 295-298.

Akbarinia, A., Ghalavand, A., Sefidkan, F., Sharifi Ashurabadi, A., and Rezaie, M.B. 2002. Evaluation of effect of nutrition different systems on yield and seed essential oil content of *Trachyspermum copticum*. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 18: 89-109. (In Persian with English Summary)

Ameri, A.A. 2007. Study of ecophysiology sights of planting density and nitrogen levels on radiation use efficiency and quantity of essential oil of *Calendula officinalis* L. PhD. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian

with English Summary)
Asghari pourchaman, M.R. 2002. Effects of sowing date and seed quantity in area unit on morphological characteristics and quality of *Plantago ovata* L. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
Berimavandi, A.R., Hashemabadi, D., Facouri Ghaziani, M.V., and Kaviani, B. 2011. Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential oil of *Calendula officinalis* L. Journal of Medicinal Plants Research 5(20): 5110-5115.
Berti, M.D., Wilckens, R.E., Hevia, F.H., and Montecinos, A.L. 2003. Influence of sowing date and seed origin on the yield of capitula of *Calendula officinalis* L. during two growing seasons in Chillan. Agricultura Tecnica 63: 1-9.
Cabrera, V.E., Stavast, L.J., Baker, T.T., Wood, M.K., Cram, D.S., Flynn, R.P., and Ulery, A.L. 2009. Soil and runoff response to dairy manure application on New Mexico rangeland. Agriculture Ecosystems and Environment 131: 255-262.
Dorry, M.A. 2006. Effects of seed rate and planting dates on seed yield and yield components of *Plantago ovata* in dry farming. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(3): 262-269. (In Persian with English Summary)
Emad, M. 1999. Identity of Medicinal, Industrial, Pasture and Forest Plants and those Applications. Tosee Roostaie Publication, Tehran, Iran. p. 150 (In Persian)
Ganjali, H.R., Band, A.A., Abod, H.H.S., and Nik, M.M. 2010. Effect of sowing date, plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield components and various traits of *Calendula officinalis*. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 8(6): 672-679.
Jahan, M., and Koocheki, A. 2004. Organic production of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) intercropped with pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Spanish Journal of Agricultural Research 484-491.
Johri, A.K., Srivastava, L.J., Sing, J.M. and Rana, R.C. 1992. Effect of time of planting and level of nitrogen on flower and oil yields of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). Indian Journal of Agronomy 37: 302-304.
Kafi, M., Nezami, A., Ganjeali, A., and Shariatmadar, B. 2000. Weather and Crop Yield. Jihad Daneshgahi publication, Mashhad, Iran. p. 311 (In Persian)
Khalid, K.A., Yassen, A.A., and Zaghloul, S.M. 2006. Effect of soil solarization and cattle manure on the growth, essential oil and chemical composition of *Calendula officinalis* L. plants. Journal of Applied Sciences Research 2(3): 142-152.
Koocheki, A., Nakhforoosh, A., and Zarifketabi, H. 1997. Organic Agriculture. Ferdowsi University publication, Mashhad, Iran. p. 330 (In Persian)
Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nassiri Mahallati, M. Organic cultivation of *Plantago ovata* L. and *Plantago psyllium* L. in response to water stress. Iranian Journal of Field Crops Research 1(2): 1-14. (In Persian with English Summary)
Mohamad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Bromand Rezazadeh, Z. 2011. Comparison of chemical and organic fertilizers effects on quantitative and qualitative indices of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.). Journal of Agroecology 3(2): 249-257. (In Persian with English Summary)
Mosavi, S.G.R., Segatoleslami, M.J., and Pooyan, M. 2012. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of *Plantago ovata* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 681-699. (In Persian with English Summary)
Seghat Al-Eslami, M.J. and Mousavi, G.R. 2008. Effect of sowing date and plant density on grain and flower yield of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(2): 263-269. (In Persian with English Summary)
Soumare, M., Tack, F.M.G., and Verloo, M.G. 2003. Effects of a municipal solid waste compost and mineral fertilization on plant growth in two tropical agricultural soils of Mali. Bioresource Technology 86: 15-20.
Tahami Zarandi, S.M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2011. Comparison of organic and chemical fertilizers effects on yield and essential oil percentage in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 63-74. (In Persian with English Summary)
Van Wyk, B.E., and Wink, M. 2004. Medicinal Plants of The World: An illustrated scientific guide to important medicinal plants and their uses. Timber Press, Portland, Oregon.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۵۲-۷۴۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 741-752

بررسی چرخه درازمدت کربن و میزان ترسیب آن در سیستم کشاورزی ایران: I- تولید خالص اولیه و ورودی سالانه کربن برای محصولات زراعی مختلف

مهدی نصیری محلاتی[۱]، علیرضا کوچکی[۱*]، حامد منصوری[۲] و روح اله مرادی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۷/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰٤/۲۵

چکیده

برآورد میزان ورودی کربن به عنوان یکی از مهمترین فاکتورهای تعیین کننده برای تخمین میزان تغییرات کربن خاک و همچنین پتانسیل ترسیب کربن می‌باشد. به منظور بررسی میزان تولید اولیه و همچنین کربن ورودی به خاک در سیستم‌های کشاورزی ایران، اطلاعات مربوط به عملکرد، سطح زیر کشت، شاخص برداشت و همچنین نسبت اندام هوایی به زیرزمینی در محصولات زراعی مختلف کشور شامل: گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.)، یونجه (*Medicago sativa* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) برای استان‌های مختلف جمع‌آوری گردید. سپس میزان کربن اختصاص یافته به اندام‌های مختلف گیاهی با توجه به ضرایب تسهیم کربن برآورد گردید و در نهایت میزان تولید خالص اولیه بر اساس کربن (NPPc) محاسبه گردید. کسری از NPPc که به صورت سالانه به خاک برگردانده می‌شود، به عنوان ورودی سالانه کربن به خاک در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار NPP_C برای گندم، جو و یونجه در اقلیم مرطوب خزری، برای برنج، نخود و پنبه در اقلیم گرم و مرطوب جنوبی و برای ذرت در اقلیم گرم و خشک حاصل شد. در تمامی مناطق کشور، گیاه نخود کمترین تاثیر را در میزان NPP_C و در نتیجه ترسیب کربن به خود اختصاص داد. بیشترین میزان ورودی کربن در واحد سطح در بین گیاهان مورد مطالعه و مناطق مختلف در منطقه خزری و برای گیاه یونجه و کمترین ورودی کربن مربوط به گیاه نخود در منطقه سرد کوهستانی بود. کمترین خلاء بین میزان واقعی و پتانسیل ترسیب کربن در گیاه یونجه مشاهده شد، در حالیکه گندم، برنج و پنبه بیشترین خلاء را به ترتیب با مقادیر ۰/۴، ۰/۳۸ و ۰/۳۷ نشان دادند که بیانگر امکان افزایش قابلیت ترسیب کربن از طریق این گیاهان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل، ترسیب کربن، تسهیم کربن، خلاء عملکرد

مقدمه

در حال حاضر گرمایش زمین به دلیل افزایش دی اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای به عنوان یکی از مهمترین مشکلات محیطی مطرح می‌باشد (Conen & Smith, 1998). این امر باعث بالا رفتن درجه حرارت و تغییر الگوهای بارندگی در مناطق مختلف جهان شده و در نتیجه در آینده بر کارکرد بوم نظام‌های زراعی و تولید محصولات مختلف، تأثیر خواهد گذاشت (Nassiri et al., 2008). از آنجا که تولید محصولات زراعی مستقیماً به شرایط اقلیمی وابسته است، کشاورزی یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (Salinger, 2005; Motha & Baier, 2005). کشاورزی سهم مهمی (حدود ۱۰-۱۲ درصد) در انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر دارد. منابع اصلی این گازها سوخت‌های فسیلی استفاده شده در فعالیت‌های کشاورزی، تلفات کربن خاک تحت تأثیر عملیات خاک‌ورزی، سوزاندن بقایای گیاهان زراعی و درختان جنگلی، دامداری و استفاده از کودهای دامی، ساخت و بهره برداری از کود نیتروژن و کشت و کار برنج غرقابی است. با توجه به این که بسیاری از خاک‌ها بیش از ۱۰۰ سال است که کشت و کار می شوند، کشاورزی و خاک‌ورزی فشرده باعث کاهش ۳۰ تا ۵۰ درصد کربن خاک شده است (Koocheki & Hosseini, 2006). اگر چه در قرن حاضر فعالیت‌های کشاورزی تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم قرار خواهد گرفت (IPCC 2002; Salinger, 2005)، اما کشاورزی نیز با

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی سابق دکتری اکولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه زراعت، دانشکده بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از طریق فعالیت‌های مختلف کشاورزی و ترسیب کربن، می‌تواند در کاهش اثرات تغییر اقلیم نقش داشته باشد (Metting et al., 1999; Lal, 2004). با این وجود سیستم‌های کشاورزی خود می‌توانند مخزنی برای ذخیره کربن باشند. برای تعدیل[1] اثرات گلخانه‌ای دی اکسید کربن در بخش کشاورزی، به ذخیره کربن در خاک‌های کشاورزی توجه زیادی می‌شود (Huang et al., 2009). به طور میانگین گزارش شده است که میزان کربن در سطح خاک تا عمق یک متری، حدود ۱۷۰ پتاگرم می‌باشد (Gill et al., 2002).

برآورد بیلان کربن در اکوسیستم‌های زراعی یکی از راهکارهای اساسی برای درک این موضوع است که آیا یک اکوسیستم زراعی در منطقه‌ای مشخص، منبع دی‌اکسید کربن می‌باشد یا مخزن آن (Twine & Kucharik, 2009). به دلیل تنوع محصولات، سیستم‌های زراعی و عملیات کشاورزی در بوم‌نظام‌های زراعی برآورد زمانی و مکانی کربن برای هر منطقه مورد نیاز است (Lehuger et al., 2010). مقدار کربن آلی موجود در خاک به موازنه بین میزان کربن تثبیت شده از طریق فتوسنتز که وارد زیست توده گیاهی می‌شود و اتلاف کربن از طریق تجزیه میکروبی بستگی دارد. عملیات کشاورزی با تجزیه ماده آلی حاصل از بقایای گیاهان زراعی منجر به تغییر در ورود و خروج جریان CO_2 از خاک می شود. تولید دی اکسید نیتروژن و دی اکسید کربن به وسیله فعالیت‌های میکروبی خاک، از طریق اقلیم خاک (دما و محتوی رطوبتی)، تغذیه و عوامل بیولوژیکی قابل کنترل می‌باشد (Prior et al., 1997; Smith et al., 2004).

یکی از اجزای اصلی تخمین بیلان کربن در اکوسیستم‌های زراعی، محاسبه تولید خالص اولیه (NPP)[2] می‌باشد (Kutsch et al., 2010). تولید خالص اولیه به میزان کربن خالصی که در فرآیند فتوسنتز از اتمسفر جذب می‌گردد، گفته می‌شود به عبارت دیگر، در صورتی که از کل کربن جذب شده در فرآیند فتوسنتز که تولید ناخالص اولیه (GPP)[3] نامیده می‌شود، تنفس گیاه کسر شود تولید خالص اولیه به دست می‌آید (Smith et al., 2010). محاسبه تولید خالص اولیه قابلیت ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی، عملیات زراعی مختلف، محصولات مختلف و تغییرات اقلیمی آینده بر بیلان کربن یک اکوسیستم را امکان‌پذیر می‌سازد (Twine & Kucharik, 2009). تولید خالص اولیه مجموع کربن تثبیت شده در اندام هوایی و زیرزمینی گیاه می‌باشد که در صورت حفظ آن در خاک می‌تواند باعث کاهش انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر شود (Khorramdel et al., 2010). تعیین میزان NPP گیاهان از یک طرف می تواند نشان دهندهٔ میزان تولید زیست تودهٔ گیاه و از طرف دیگر برآوردی از میزان دی اکسید کربن جذب شده از اتمسفر باشد. لذا با توجه به تأثیر مدیریت نظام‌های زراعی بر میزان تولید و انتشار دی اکسید کربن به اتمسفر، چنین به نظر می‌رسد که نظام‌های زراعی که بتوانند میزان دی اکسید کربن کمتری را به اتمسفر انتشار دهند و از طرف دیگر، تولید زیست تودهٔ بالاتری داشته باشند، می‌توانند به عنوان راهکاری پایدار برای کاهش غلظت دی اکسید کربن در آینده مد نظر قرار گیرند (Khorramdel et al., 2010). علاوه بر این با محاسبهٔ میزان تولید خالص اولیه و برآورد ضرایب نسبی تسهیم کربن به اندام‌های مختلف، می‌توان سهم هر یک از اندام‌های گیاهی را از میزان دی اکسید کربن جذب شده برآورد و تعیین کرد.

از جمله مهمترین محصولات زراعی ایران گندم، برنج، جو، ذرت، پنبه، سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و نخود می‌باشند. هر ساله کشاورزان سهمی از بقایا را در زمین باقی گذاشته و بقیه را خارج می کنند. هدف از این تحقیق محاسبه میزان تولید خالص اولیه بر اساس کربن (NPP_c) و میزان کربن ورودی به خاک در این سیستم‌های زراعی برای استان‌های مختلف کشور بود.

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق، داده‌های عملکرد و سطح زیر کشت گیاهان زراعی مهم کشور شامل گندم، جو، ذرت، پنبه، برنج، یونجه و نخود برای استان‌های مختلف کشور طی یک دوره ۲۰ ساله (۱۳۸۹-۱۳۶۹) از طریق مراجعه به سایت وزارت جهاد کشاورزی کشور جمع-آوری شد. همچنین اطلاعات هواشناسی و اقلیمی مربوطه از طریق کلیه ایستگاه‌های سینوپتیک هواشناسی هر استان و و برخی نیز به شکل مراجعه موردی به مسئولین هر بخش جمع‌آوری گردید. سپس میزان تولید خالص اولیه بر اساس کربن (NPPc) از طریق معادله (۱) محاسبه شد:

$$NPP_c = C_P + C_S + C_R + C_E \quad \text{معادله (۱)}$$

بر اساس منابع مختلف در هر گرم ماده خشک حدود ۰/۴۵ گرم

1- Mitigation
2- Net Primary Production
3- Gross Primary Production

کربن (۴۵ درصد) موجود می‌باشد (Bolinder et al., 2007). بنابراین برای محاسبه میزان کربن موجود در بخش‌های مختلف گیاه (اندام اقتصادی، کاه و کلش و ریشه) که در شکل ۱ نشان داده شده است، از معادله‌های (۲) تا (۵) استفاده گردید:

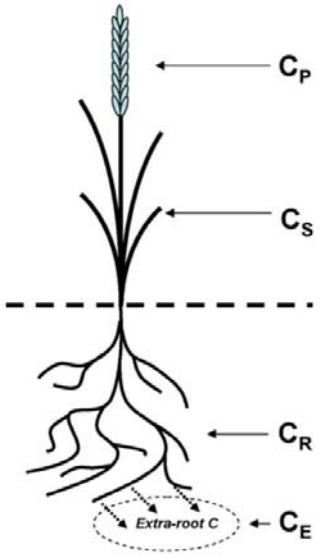
معادله (۲) C_P = عملکرد اندام اقتصادی × ۰/۴۵

معادله (۳) C_S = (عملکرد اندام اقتصادی) (1-HI) / HI) × ۰/۴۵

معادله (۴) C_R = (عملکرد اندام اقتصادی / S:R × HI) × ۰/۴۵

معادله (۵) $C_E = C_R \times ۰/۶۵$

که در این معادلات، NPP_c: تولید خالص اولیه بر اساس کربن در کل گیاه، C_S: کربن موجود در کاه و کلش، C_P: کربن موجود در اندام اقتصادی، C_R: کربن موجود در ریشه، S:R: نسبت اندام هوایی به زیرزمینی و C_E: کربن شامل ترشحات ریشه و کربن غیر قابل محاسبه می‌باشد. که مقدار این کربن بر اساس منابع مختلف (Gill et al., 2002; Bolinder et al., 2007) حدود ۶۵ درصد کربن موجود در ریشه در نظر گرفته می‌شود. همچنین تولید خالص اولیه بر اساس کربن برای اندام هوایی ($ANPP_c$)[1] و زیرزمینی ($BNPP_c$)[2] نیز به ترتیب از مجموع میزان کربن اختصاص یافته به اندام‌های هوایی (شامل C_S و C_P) و زیرزمینی (شامل C_R و C_E) برآورد شد (Bolinder et al., 2007).



شکل ۱- تسهیم کربن در اندام‌های مختلف گیاه زراعی
Fig. 1- Carbon allocation in different tissues of crop

1- Above-ground net primary production (ANPP)
2- Below-ground net primary production (BNPP)

همچنین سهم نسبی هر کدام از اندام‌های مختلف گیاهی از تولید خالص کربن با استفاده از معادلات (۶) تا (۹) محاسبه گردید (Bolinder et al., 2007):

معادله (۶) $R_P = C_P / NPP_c$

معادله (۷) $R_S = C_S / NPP_c$

معادله (۸) $R_R = C_R / NPP_c$

معادله (۹) $R_E = 1 - (R_P + R_S + R_R)$

که در این معادلات R_P، R_S، R_R و R_E: به ترتیب نشان‌دهنده سهم نسبی اندام اقتصادی، کاه و کلش، ریشه و ترشحات ریشه از کل کربن موجود در گیاه می‌باشند. برای گیاه یونجه C_P: اندام اقتصادی مورد استفاده برای دام و C_S: کاه و کلش خشبی که در زمین باقی می ماند در نظر گرفته شد. ضمناً در ضرایب فوق معادله (۱۰) نیز باید صادق باشد:

معادله (۱۰) $R_P + R_S + R_R + R_E = 1$

اطلاعات مربوط به شاخص برداشت و نسبت اندام هوایی به زیرزمینی، از طریق مطالعات انجام گرفته در کشور برای محصولات مختلف و نیز نمونه‌گیری از محصولات زراعی مورد مطالعه در نقاط مختلف کشور به دست آمد. برای گیاه یونجه، مجموع چین‌های برداشت شده در کل طول فصل رشد به عنوان اندام هوایی مد نظر قرار گرفت. برای گیاهان یک‌ساله زیست‌توده گیاه در مرحله رسیدگی لحاظ گردید.

همچنین استان‌های کشور به چهار اقلیم مرطوب خزری (استان‌های گیلان، مازندران و گلستان)، گرم و خشک (استان‌های قم، سمنان، اصفهان، کرمان، یزد، خراسان، سیستان و بلوچستان، تهران و قزوین)، سرد و کوهستانی (اردبیل، چهارمحال و بختیاری، کهگیلویه و بویر احمد، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، زنجان، همدان، مرکزی، کردستان، لرستان، ایلام و کرمانشاه) و گرم و مرطوب جنوبی (بوشهر، هرمزگان، خوزستان و فارس) تقسیم بندی شده (Yousefi & Famili, 2008) و میزان NPP_c برای اقلیم‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

بعد از محاسبه میزان کربن خالص تولیدی در محصولات مختلف، میزان بقایای باقی مانده در مزارع پس از برداشت هر محصول که منبع کربن ورودی می‌باشد، از طریق اندازه‌گیری بقایای باقیمانده محصولات در مزارع مختلف و نیز پرسشنامه‌های که در اختیار کشاورزان قرار داده شد، تعیین گردید. همچنین برای تعیین میزان

پتانسیل ورودی کربن از طریق محصولات زراعی مورد مطالعه، فرض بر این گرفته شد که کل زیست‌توده تولیدی به غیر از اندام اقتصادی به خاک بازگردانده شود و اختلاف بین میزان واقعی و پتانسیل کربن ورودی به عنوان خلاء ورودی کربن در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

شاخص برداشت و ضرایب تسهیم کربن

میزان شاخص برداشت، نسبت اندام هوایی به زیرزمینی و همچنین واریانس این صفات که ناشی از نوع رقم و خصوصیات منطقه می‌باشد، در جدول ۱ نشان داده شده است. بیشترین شاخص برداشت در بین گیاهان مورد مطالعه مربوط به گیاه یونجه با شاخص برداشت ۹۰٪ و کمترین شاخص برداشت در گیاه پنبه به میزان ۳۰٪ بود. بیشترین واریانس مشاهده شده در شاخص برداشت برای گیاه نخود (۹٪±) و کمترین واریانس مربوط به برنج و یونجه (۳٪±) بود. بیشترین و کمترین نسبت اندام هوایی به زیرزمینی در بین گیاهان مورد مطالعه به ترتیب مربوط به ذرت (۶/۹) و یونجه (۲/۲) بود. بیشترین واریانس مشاهده شده در نسبت اندام هوایی به زیرزمینی در گیاه ذرت با واریانس ۱± و کمترین واریانس در نخود و پنبه با واریانس ۰/۴± بود (جدول ۱) که دلیل این واریانس و اختلاف را می‌توان به شرایط مختلف آب و هوایی، بافت خاک و مدیریت زراعی نسبت داد. با توجه به این که بالاتر بودن شاخص برداشت و همچنین نسبت اندام هوایی به زیرزمینی به مفهوم خارج شدن کربن بیشتر از مزرعه و در نتیجه ورودی کربن کمتر به خاک می‌باشد، بنابراین می‌توان چنین بیان کرد که اثر این دو صفت بر میزان تولید خالص کربن و همچنین ورودی کربن منفی می‌باشد (Bolinder et al., 2007). به عبارتی، کمتر بودن میزان این صفات با پتانسیل بالای ورودی کربن به خاک همراه خواهد بود و گیاهانی که شاخص برداشت و نسبت اندام هوایی به زیرزمینی کمتری دارند، پتانسیل بالایی در ترسیب کربن خواهند داشت هرچند میزان تولید گیاه نیز در این امر نقش به سزایی دارد.

برآورد ضرایب نسبی تسهیم کربن به اندام‌های مختلف، می‌تواند سهم هر یک از اندام‌های گیاهی را از میزان دی اکسید کربن جذب شده برآورد و تعیین کند و با توجه به مقدار بقایای برگشت داده شده به خاک از طریق اندام‌های مختلف می‌توان میزان ترسیب کربن توسط هر محصول را برآورد کرد (Khorramdel et al., 2008).

جدول ۱- شاخص برداشت (HI)، نسبت اندام هوایی به زیرزمینی (S:R) و ضریب تسهیم کربن در اندام‌های مختلف گیاه

Table 1- Harvest index (HI), shoot-to-root (S:R) ratios and allocation coefficients in different parts of crops

R_E	R_R	R_S	R_P	S:R	شاخص برداشت HI	
0.09	0.13	0.43	0.35	5.8 ± 0.7	45 ± 6	گندم Wheat
0.11	0.16	0.37	0.37	4.5 ± 0.6	50 ± 4	جو Barely
0.08	0.12	0.44	0.36	6.7 ± 0.5	45 ± 3	برنج Rice
0.08	0.12	0.44	0.37	6.9 ± 1.0	46 ± 5	ذرت Maize
0.17	0.26	0.06	0.51	2.2 ± 0.5	90 ± 3	یونجه Alfalfa
0.12	0.19	0.31	0.38	3.6 ± 0.4	55 ± 9	نخود Chickpea
0.12	0.19	0.48	0.21	3.7 ± 0.4	30 ± 8	پنبه Cotton

R_P، R_S، R_R و R_E: به ترتیب نشان‌دهنده سهم نسبی کربن در اندام اقتصادی، کاه و کلش، ریشه و ترشحات ریشه.

R_P, R_S, R_R and R_E: indicate relative plant C allocation coefficients in seed, straw, root and extra-root material, respectively.

سهم نسبی کربن در اندام‌های مختلف گیاهی از کل کربن موجود در گیاه نیز در جدول ۱ آورده شده است. در اکثر گیاهان به غیر از یونجه و نخود، بیشترین کربن موجود در گیاه به کاه و کلش اختصاص یافته و سهم ترشحات ریشه از کل کربن موجود در گیاه در تمام گیاهان مورد مطالعه کمتر از سایر اندام‌ها بود (جدول ۱). بیشترین کربن اختصاص یافته به اندام اقتصادی و اندام‌های زیرزمینی (شامل ریشه و ترشحات آن) در بین گیاهان مربوط به گیاه یونجه بود که می‌توان دلیل این امر را علوفه‌ای بودن این گیاه بیان کرد. کمترین کربن اختصاص یافته به اندام اقتصادی در بین گیاهان مختلف در گیاه پنبه با ضریب تخصیص کربن ۰/۲۱ بود (جدول ۱). به نظر می‌رسد دلیل این امر از طرفی شاخص برداشت پایین گیاه پنبه و از طرف دیگر، دانه روغنی بودن این گیاه که از ضریب تبدیل پایینی برخوردار می‌باشد، باشد. برنج و ذرت در مقایسه با سایر گیاهان مورد مطالعه کمترین کربن اختصاص یافته به ترشحات ریشه (با ضریب تخصیص کربنی برابر ۰/۰۸) را داشتند (جدول ۱). بولیندر و همکاران (Bolinder et al., 2007) نیز گزارش کردن که ضریب نسبی تسهیم کربن به ترشحات ریشه در گیاه ذرت پایین بوده و در حدود ۰/۰۸۹ می‌باشد، همچنین گزارش کردند که ضرایب تسهیم کربن برای اندام اقتصادی، کاه و کلش و ریشه ذرت به ترتیب برابر با ۰/۳۷، ۰/۳۹ و ۰/۱۴ می‌باشد.

تولید خالص اولیه بر اساس کربن (NPP_c)

دو اقلیم سرد کوهستانی و مرطوب خزری به ترتیب بیشترین و کمترین میزان سالانه NPP_c را برای گندم دارا بودند (جدول ۲). از آنجایی که اقلیم سرد کوهستانی شامل تعداد استان‌های بیشتری نسبت به سه اقلیم دیگر می‌باشد و همچنین تعداد استان‌ها در اقلیم مرطوب خزری کمتر از دیگر مناطق می‌باشد، به نظر می‌رسد که اختلاف سالانه NPP_c گندم مربوط به اختلاف در سطح مورد بررسی باشد. تولید خالص اولیه بر اساس کربن برای بخش زیرزمینی و هوایی گندم نیز از روند بالا تبعیت کرد (جدول ۲). حال آن‌که در بررسی میزان NPP_c برای گیاه گندم به ازای سطح مشاهده شد که بیشترین میزان تولید خالص اولیه کربن هم در بخش زیرزمینی ($kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$ ۷۸۱) و هوایی ($kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$ ۲۷۴۷) و هم کل گیاه ($kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$ ۳۵۲۸) در منطقه مرطوب خزری حاصل شد، حال آن که میزان NPP_c به ازای سطح در دو اقلیم گرم و مرطوب جنوبی و گرم و خشک نسبت به دیگر مناطق کمتر بود (جدول ۲). این نشان‌دهنده میزان تولید بیشتر زیست توده گندم در هکتار در دو منطقه مرطوب خزری و سرد کوهستانی نسبت به دو منطقه گرم و خشک و گرم و مرطوب می‌باشد. هویدوکس و همکاران (Hoyaux et al., 2008) نیز میزان تولید خالص اولیه بر اساس کربن را برای کشور بلژیک مورد بررسی قرار دادند و مقدار آن را حدود ۲۷۰۰ کیلوگرم کربن در هکتار در سال گزارش کردند. این مقدار برای ژاپن حدود ۷/۵۹ مگاگرم کربن در سال به دست آمد (Koga et al., 2011). از طرفی باردواج و همکاران (Bhardwaj et al., 2011) نیز میزان تولید خالص اولیه کربن در بخش هوایی گندم برای امریکا را به طور میانگین حدود ۴/۵ مگاگرم کربن در هکتار در سال گزارش نمودند.

کمترین میزان سالانه تولید خالص اولیه هم در بخش هوایی و زیرزمینی و هم برای کل گیاه جو بر اساس کربن (گیگاگرم کربن در سال) در استان‌های واقع در اقلیم‌های گرم و مرطوب و مرطوب خزری کشور به دست آمد و اقلیم سرد کوهستانی بیشترین مقدار این صفت را دارا بود (جدول ۲). این اختلاف مانند گندم رابطه مستقیمی با سطح زیر کشت در هر اقلیم دارد. اقلیم مرطوب خزری و سرد کوهستانی (به ترتیب با ۳۶۱۷ و ۳۱۲۳ $kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$) نسبت به دو اقلیم گرم و خشک و گرم و مرطوب جنوبی (به ترتیب با ۲۷۴۷ و ۱۷۷۵ $kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$) NPP_c بیشتری را به ازای سطح نشان دادند (جدول ۲). این شرایط برای اندام‌های هوایی و زیرزمینی گیاه جو نیز صادق بود.

گیاه برنج شرایط متفاوتی را در میزان NPP_c نسبت به دو گیاه جو و گندم نشان داد، به طوری که با اینکه اقلیم مرطوب خزری دارای سطح مورد بررسی کمتری نسبت به دیگر اقلیم‌ها بود، ولی میزان تولید خالص اولیه آن بر اساس کربن (۲۹۷۲ گیگاگرم کربن در سال) بیشتر از دیگر مناطق بود (جدول ۲). میزان NPP_c در اقلیم‌های گرم و خشک، سرد کوهستانی و گرم و مرطوب به ترتیب با ۱۳۰، ۸۱ و ۵۵۹ $kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$ خیلی کمتر از اقلیم مرطوب خزری بود. این مطلب نشان‌دهنده اهمیت کشت و کار برنج در منطقه مرطوب خزری می‌باشد. میزان تولید خالص اولیه کربن برای بخش زیرزمینی و هوایی نیز در اقلیم خزری بالاتر از دیگر اقلیم‌ها بود و اقلیم سرد کوهستانی نیز کمترین میزان این صفت را در بین اقلیم‌های کشور دارا بود (جدول ۲).

جدول ۲- میزان تولید خالص اولیه بر اساس کربن در کل گیاه (NPP_C) و سهم اندام‌های هوایی ($ANPP_C$) و زیرزمینی ($BNPP_C$) گیاهان مختلف از آن در مناطق مختلف آب و هوایی کشور

Table 2- Net primary productivity based on carbon (NPP_C), aboveground net primary productivity based on carbon ($ANPP_C$), and belowground net primary productivity based on carbon ($BNPP_C$) in different crops under various climates

گرم و مرطوب Wet-warm		سرد کوهستانی cold-mountain		گرم و خشک dry-warm		مرطوب خزری Khazari-wet		صفت Trait	گیاه Crop
کیلوگرم کربن در هکتار در سال (Kg C. ha^{-1} year^{-1})	گیگاگرم کربن در سال (Gg C. year^{-1})	کیلوگرم کربن در هکتار در سال (Kg C. ha^{-1} year^{-1})	گیگاگرم کربن در سال (Gg C. year^{-1})	کیلوگرم کربن در هکتار در سال (Kg C. ha^{-1} year^{-1})	گیگاگرم کربن در سال (Gg C. year^{-1})	کیلوگرم کربن در هکتار در سال (Kg C. ha^{-1} year^{-1})	گیگاگرم کربن در سال (Gg C. year^{-1})		
1856.2	2326.5	2600.9	10446.5	2096.1	2764.2	2746.9	1226.2	$ANPP_C$	گندم Wheat
528.1	661.9	739.9	2971.8	596.3	786.4	781.4	348.8	$BNPP_C$	
2384.3	2988.4	3340.8	13418.3	2692.5	3550.6	3528.3	1575.1	NPP_C	
1298.8	297.3	2285.3	1792.3	2009.9	921.2	2646.4	298.1	$ANPP_C$	جو Barely
476.2	109.0	837.9	657.2	737.0	337.8	970.4	109.3	$BNPP_C$	
1775.1	406.4	3123.2	2449.5	2746.9	1259.0	3616.8	407.4	NPP_C	
6112.2	449.0	4372.5	65.7	4950.7	104.3	5280.2	2385.4	$ANPP_C$	برنج Rice
1505.2	110.6	1076.8	16.2	1219.2	25.7	1300.3	587.4	$BNPP_C$	
7617.4	559.6	5449.3	81.9	6169.9	130.0	6580.5	2972.8	NPP_C	
4215.4	550.2	4740.7	256.1	7148.2	387.1	2912.5	4.4	$ANPP_C$	ذرت Maize
1008.0	131.6	1133.7	61.2	1709.4	92.6	696.5	1.1	$BNPP_C$	
5223.5	681.7	5874.4	317.3	8857.6	479.7	3609.0	5.5	NPPc	
2493.3	64.4	2818.5	1058.7	3062.9	576.1	4143.0	37.9	$ANPP_C$	یونجه Alfalfa
1870.0	48.3	2113.9	794.0	2297.2	432.1	3107.3	28.5	$BNPP_C$	
4363.2	112.7	4932.3	1852.8	5360.1	1008.2	7250.3	66.4	NPPc	
1195.3	3.6	583.2	283.4	670.1	12.8	947.3	0.5	$ANPP_C$	نخود Chickpea
547.8	1.7	267.3	129.9	307.1	5.9	434.2	0.2	$BNPP_C$	
1743.1	5.3	850.5	413.2	977.3	18.6	1381.4	0.7	NPPc	
3129.9	28.8	2743.2	18.7	2881.3	205.8	2480.1	21.2	$ANPP_C$	پنبه Cotton
1395.8	12.8	1223.3	8.3	1284.9	91.8	1106.0	9.5	$BNPP_C$	
4525.7	41.6	3966.5	27.1	4166.1	297.6	3586.1	30.7	NPPc	

بیشترین و کمترین میزان سالانه تولید خالص اولیه بر اساس کربن در هکتار برای کل گیاه و در اندام‌های زیرزمینی و هوایی به ترتیب در اقلیم گرم و مرطوب جنوبی و سرد کوهستانی مشاهده شد. با این وجود بین اقلیم مرطوب خزری و گرم و خشک اختلاف چشم‌گیری مشاهده نشد (جدول ۲). به نظر می‌رسد که اقلیم گرم و مرطوب جنوبی شرایط مناسب‌تری برای تولید برنج داشته و در این منطقه این گیاه زیست توده بالاتری تولید می‌نماید.

بررسی میزان NPP_c برای گیاه ذرت نیز نشان داد که میزان این صفت هم از لحاظ تولید کل و هم تولید در هکتار در بین اقلیم‌های مختلف کشور متفاوت بود. نتایج نشان داد که میزان سالانه NPP_c در اقلیم گرم و مرطوب جنوبی و گرم خشک بیشتر از اقلیم‌های سرد کوهستانی و مرطوب خزری بود و در این بین دو اقلیم مرطوب خزری و گرم و مرطوب جنوبی با دارا بودن به ترتیب ۵/۵ و ۶۸۲ گیگاگرم کربن در سال تولید خالص اولیه بر اساس کربن به ترتیب کمترین و بیشترین میزان این صفت را در سطح کشور دارا بودند (جدول ۲). بررسی میزان تولید خالص اولیه کربن در بخش زیرزمینی و هوایی ذرت نیز نتایج مشابه با کل گیاه را نشان داد، به طوری‌که اقلیم‌های گرم و مرطوب جنوبی و مرطوب خزری به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفات را دارا بودند (جدول ۲). دو اقلیم گرم و خشک و مرطوب خزری به ترتیب بیشترین و کمترین میزان تولید خالص اولیه در هکتار را هم برای بخش زیرزمینی و هوایی و هم کل گیاه دارا بودند (جدول ۲). کوگا و همکاران (Koga et al., 2011) میزان

NPP_c برای ذرت را در ژاپن حدود ۸/۷۵ مگا گرم کربن در هکتار در سال گزارش نمودند. همچنین باردواج و همکاران (Bhardwaj et al., 2011) نیز میزان تولید خالص اولیه کربن در بخش هوایی ذرت را به طور میانگین حدود ۱۰/۵ مگاگرم کربن در هکتار در سال در آمریکا گزارش نمودند. به طور کلی، بررسی NPP_c برای گیاه ذرت نشان داد که‌این صفت در اقلیم‌های گرم نسبت به اقلیم‌های سرد و مرطوب از مقدار بیشتری برخوردار بود و از آنجایی که ذرت یک گیاه با مسیر فتوسنتزی C_4 و گرما دوست می‌باشد، این امر طبیعی به نظر می‌رسد.

بیشترین مقدار تولید اولیه کربن برای بخش زیرزمینی و هوایی یونجه در اقلیم سرد کوهستانی و کمترین مقدار آن در اقلیم مرطوب خزری مشاهده شد (جدول ۲). این روند برای کل گیاه یونجه نیز صادق بود. به نظر می‌رسد که این امر به دلیل کمتر بودن مساحت اقلیم مرطوب خزری نسبت به اقلیم‌های دیگر و در عوض بیشتر بودن مساحت اقلیم سرد کوهستانی باشد. با وجود این که NPP_c برای گیاه یونجه در اقلیم خزری کمتر از اقلیم‌های دیگر بود، ولی میزان آن به ازای سطح در این اقلیم بیشتر از دیگر اقلیم‌ها بود و اقلیم گرم و مرطوب جنوبی نیز دارای کمترین میزان سالانه تولید خالص اولیه بر اساس کربن به ازای سطح هم در بخش زیرزمینی و هوایی و هم برای کل گیاه یونجه بود (جدول ۲).

بررسی میزان NPP_c برای گیاه نخود نشان داد که مقدار کل تولید خالص اولیه بر اساس کربن در اقلیم مرطوب خزری (برای بخش هوایی، زیرزمینی و کل گیاه به ترتیب ۰/۵، ۰/۲ و ۰/۷ Gg C. $year^{-1}$) نسبت به دیگر اقلیم‌های بسیار ناچیز بود و بیشترین مقدار آن در اقلیم سرد کوهستانی حاصل شد (جدول ۲). اقلیم گرم و مرطوب جنوبی نیز با دارا بودن ۱۷۴۳ kg $C.ha^{-1}$ $year^{-1}$ دارای بیشترین و اقلیم سرد کوهستانی نیز کمترین مقدار این صفت را برای گیاه نخود دارا بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که اقلیم سرد کوهستانی با این که بیشترین مقدار کل تولیدی NPP_c را دارا بود، ولی به ازای هکتار کمترین مقدار آن را شامل شد که این نشان‌دهنده تولید زیست توده پایین نخود در منطقه سرد کوهستانی نسبت به دیگر اقلیم‌ها بود، ولی در عوض میزان NPP_c به ازای سطح در دو منطقه مرطوب خزری و گرم و مرطوب جنوبی مناسب‌تر از دیگر اقلیم‌ها بود (جدول ۲). بولیندر و همکاران (Bolinder et al., 2007) میزان NPP_c را برای گیاهان یک‌ساله در کانادا حدود ۳۶۰ گرم کربن در مترمربع در سال گزارش کردند.

منطقه گرم و خشک دارای بیشترین و دو منطقه مرطوب خزری و سرد کوهستانی دارای کمترین میزان NPP_c برای گیاه پنبه بودند که این روند برای بخش زیرزمینی و هوایی پنبه نیز صادق بود (جدول ۲). حال آن‌که دو منطقه گرم و خشک و گرم و مرطوب خزری با دارا بودن بیش از چهار تن تولید در هکتار، بیشترین میزان NPP_c را به ازای سطح شامل شدند و کمترین مقدار آن نیز در دو منطقه مرطوب خزری و سرد کوهستانی مشاهده شد (جدول ۲). این موضوع نشان‌دهنده شرایط مناسب‌تر دو منطقه گرم خشک و گرم و مرطوب جنوبی برای رشد و به تبع آن تولید زیست توده گیاه پنبه می‌باشد.

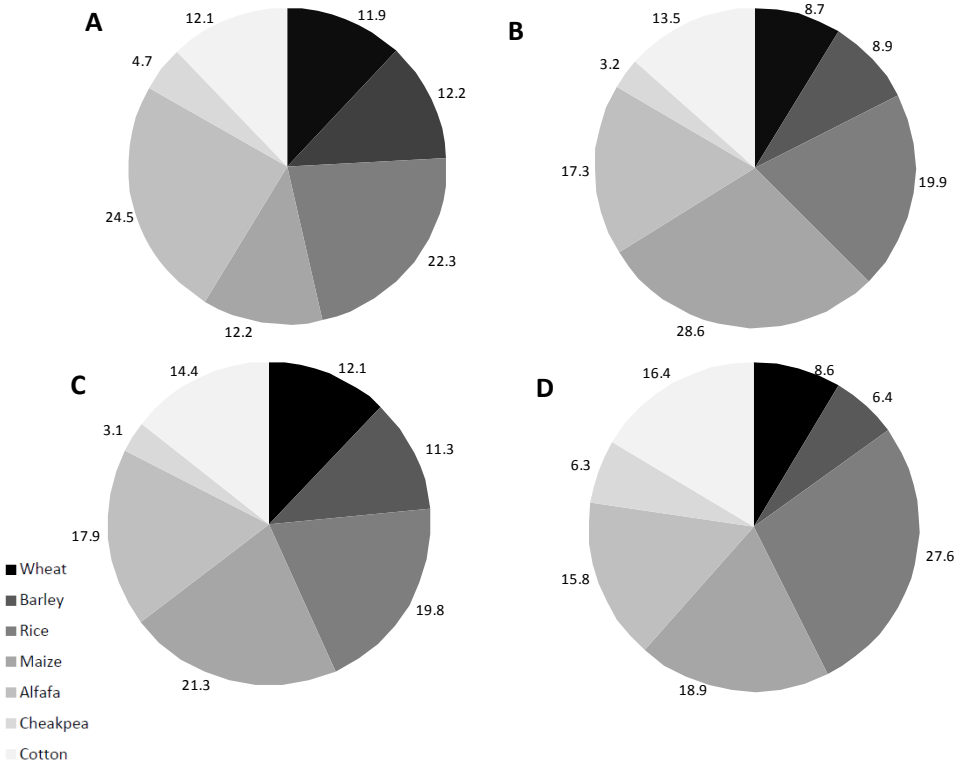
نتایج نشان داد که در اقلیم معتدل خزری از بین گیاهان زراعی مورد بررسی، دو گیاه برنج و یونجه بیشترین نسبت را در تولید خالص اولیه گیاهان زراعی بر اساس کربن دارا بودند و گیاه نخود نیز کمترین مقدار آن را شامل شد (شکلA-۲). دیگر گیاهان زراعی مورد بررسی با دارا بودن نسبت حدود ۱۲ درصد سهم یکسانی از کل تولید خالص اولیه کربن را به خود اختصاص دادند. این نشان‌دهنده نقش مهم دو گیاه برنج و یونجه در سیستم زراعی منطقه مرطوب خزری می‌باشد. در هر دو منطقه گرم و خشک و سرد و کوهستانی دو گیاه ذرت و نخود به ترتیب بیشترین و کمترین سهم نسبی را از کل NPP_C در این منطقه دارا بودند (شکلB،C-۲). در هر دو منطقه مذکور، برنج و یونجه با دارا بودن به ترتیب حدود ۱۹ و ۱۷ درصد از کل NPP_C بعد از ذرت بیشترین سهم را در تولید خالص اولیه کربن برای این مناطق شامل شدند (شکل ۲). پرینس و همکاران (Prince et al., 2001) نیز با بررسی میزان NPP در سیستم‌های زراعی در آمریکا، میزان NPP را حدود ۱۷ $Mg.ha^{-1}$ $year^{-1}$ برای جنوب غربی این کشور گزارش کردند و بیان نمودند که دو گیاه ذرت و سورگوم (*Sorghum Moench L.*) بیشترین سهم را در میزان NPP این کشور دارا بودند. در منطقه گرم و مرطوب جنوبی نیز دو گیاه برنج و ذرت به ترتیب با ۲۸ و ۱۹ درصد بیشترین نسبت از کل NPP_C در این منطقه را به خود اختصاص دادند و مانند دیگر مناطق کمترین میزان آن مربوط به گیاه نخود بود (شکلD-۲).

سهم گندم از NPP_C در بین اقلیم‌های مورد بررسی در دو اقلیم مرطوب خزری و سرد کوهستانی (با حدود ۱۲ درصد) بیشتر از اقلیم‌های دیگر بود و این شرایط برای گیاه جو نیز صادق بود (شکل۲). در منطقه گرم و مرطوب جنوبی برنج بیشترین سهم نسبی

را از NPP_C نسبت به دیگر اقلیم‌ها دارا بود و بعد از آن نیز در منطقه مرطوب خزری برنج از اهمیت بیشتری برخوردار بود. دو اقلیم گرم و خشک و مرطوب خزری به ترتیب بیشترین و کمترین سهم نسبی ذرت از کل NPP_C را دارا بودند (شکل۲). در مورد گیاه یونجه نیز در اقلیم مرطوب خزری این گیاه نسبت به دیگر اقلیم‌ها سهم بیشتری در کل NPP_C منطقه داشت و در منطقه گرم و مرطوب جنوبی از اهمیت کمتری برخوردار بود (شکل۲). در همه مناطق سهم گیاه نخود از کل NPP_C نسبت به دیگر گیاهان کمتر بود، با این وجود در منطقه گرم و مرطوب جنوبی شرایط بهتری داشت (شکل۲). گیاه پنبه در بین اقلیم‌های مختلف اختلاف چندانی از نظر سهم آن در تشکیل NPP_C نشان نداد، با این وجود در منطقه گرم و مرطوب جنوبی نسبت بیشتری از NPP_C را شامل شد (شکل۲).

ورودی کربن

از آنجایی که، پیش بینی تغییرات بودجه کربن نیازمند برآورد تولید خالص اولیه و تعیین میزان حجم برگردانده شده تولید اولیه خالص به خاک می‌باشد، بنابراین با برآورد ورودی کربن به خاک می‌توان تغییرات در بودجه کربن خاک و همچنین میزان ترسیب کربن را تخمین زد (Paustian et al., 1997; Grogan & Matthews, 2002; Bolinder et al., 2007; Campbell et al., 2000; Izaurralde et al., 2001). بدین ترتیب، برآورد ورودی کربن به عنوان یکی از مهمترین عوامل تعیین کننده برای تخمین میزان تغییرات کربن خاک می‌باشد (Bolinder et al., 2007). بیشترین میزان ورودی کربن در واحد سطح در بین گیاهان مورد مطالعه و مناطق مختلف در منطقه خزری و برای گیاه یونجه با میزان ورودی کربنی معادل ۳۱۵۰ کیلوگرم کربن در هکتار در سال و کمترین ورودی کربن مربوط به گیاه نخود در منطقه سرد کوهستانی با ۲۷۷ کیلوگرم کربن در هکتار در سال بود (شکل ۳).

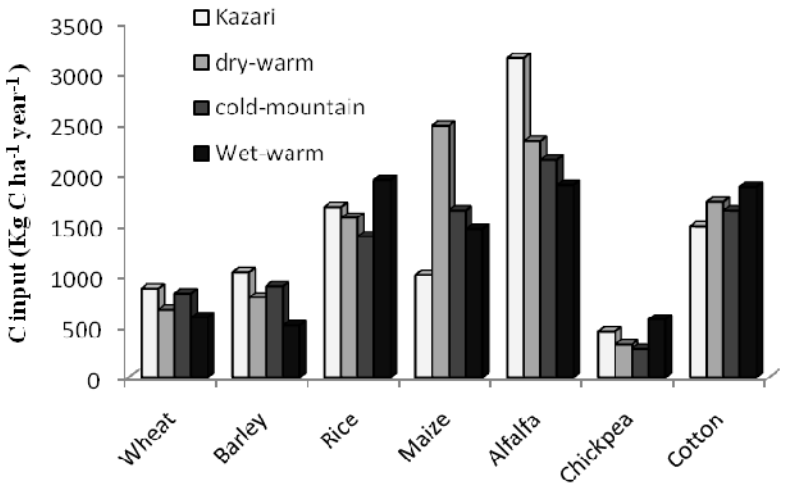


شکل۲- سهم گیاهان زراعی مورد بررسی از NPP_C در اقلیم‌های مختلف کشور

Fig. 2- The share of different crops from NPP_C in various climates

A، B، C و D به ترتیب نشان‌دهنده اقلیم‌های مرطوب خزری، گرم و خشک، سرد کوهستانی و گرم و مرطوب جنوبی می‌باشند.

A, B, C, D indicated the Khazari, warm-dry, cold and warm-wet climates, respectively.



شکل ۳- میزان کربن ورودی محصولات مختلف در مناطق مختلف آب و هوایی کشور
Fig. 3- Annual C input of different crops under various climates

بنابراین می‌توان بیان کرد کـه کشـت یونجـه در منطقـه خـزری بیشترین کارآیی ترسیب کربن را در مقایسه با سـایر منـاطق مختلـف کشور و گیاهان مورد بررسی دارا می‌باشد. دلیل این امـر را مـی‌تـوان عملکرد بالای یونجه در منطقه خزری و همچنین پایین بودن نسـبت S/R در گیاه یونجه در مقایسه با سـایر گیاهـان بیـان کـرد. کمتـرین ورودی کربن در مناطق خزری، گرم و خشـک و سـرد کوهسـتانی در گیاه نخود (به ترتیب با ۴۵۱، ۳۱۹ و ۲۷۷ کیلوگرم کربن در هکتـار در سال) و در منطقه گرم و مرطوب در گیاه جو (۵۰۸ کیلوگرم کـربن در هکتار در سال) مشاهده شد (شکل ۳).

در منطقه گرم و خشک بیشترین ورودی کربن از طریق گیاه ذرت (۲۴۸۰ کیلوگرم کربن در هکتار در سال) در مقایسه بـا سـایر گیاهـان مورد مطالعه حاصل شد، در صورتی کـه در منطقـه سـرد کوهسـتانی کشت یونجـه (۲۱۴۰ کیلـوگرم کـربن در هکتـار در سـال) بیشـترین ورودی کربن را در مقایسه با سایر گیاهان داشت و در منطقـه گـرم و مرطوب نیز گیاه بـرنج بـا ۱۹۴۰ کیلـوگرم کـربن در هکتـار در سـال بالاترین ورودی کربن را نسبت به کشت سایر گیاهان دارا بود (جدول ۳). بولینـدر و همکـاران (Bolinder et al., 2007) میـانگین میـزان ورودی کربن توسط گندم در کشور کانادا را حدود ۱۳۷ گرم کـربن در مترمربع در سال و برای یونجه حدود ۲۰۰ گرم کـربن در مترمربـع در سال برآورد کردند که این میانگین برای کشور ایران در گنـدم حـدود ۷۴ و در یونجه معادل ۲۳۸ گرم کـربن در مترمربـع در سـال بـرآورد گردید.

کشت گیاهان گندم و جو در منـاطق خـزری و سـرد کوهسـتانی نسبت به مناطق گرم- خشک و گرم- مرطوب، کـربن بیشـتری را در واحد سطح وارد خاک می‌کند، در صورتی که کشـت پنبـه در منـاطق گرم- خشک و گرم- مرطوب عملکرد بـالاتری در کـربن ورودی بـه خاک نسبت به کشت در مناطق خزری و سرد کوهستانی دارد (شـکل ۳). کشت برنج و نخود نیـز در منـاطق خـزری و گـرم- مرطـوب در مقایسه با سایر مناطق آب و هوایی کشور کربن بیشتری را وارد خاک کرده و در این مناطق کارآیی بیشـتری در ترسـیب کـربن نسـبت بـه مناطق گرم- خشک و سـرد کوهسـتانی دارد کـه دلیـل ایـن امـر را می‌توان به عملکرد بـالای ایـن گیاهـان در منـاطق خـزری و گـرم- مرطوب نسبت داد (شکل ۳). همچنین با توجه به شـکل ۳ مـی‌تـوان بیان کرد که کشت ذرت در منطقه گرم و خشک در مقایسه بـا سـایر مناطق کشور عملکرد و کارآیی بالاتری در ترسیب کربن دارا می‌باشد.

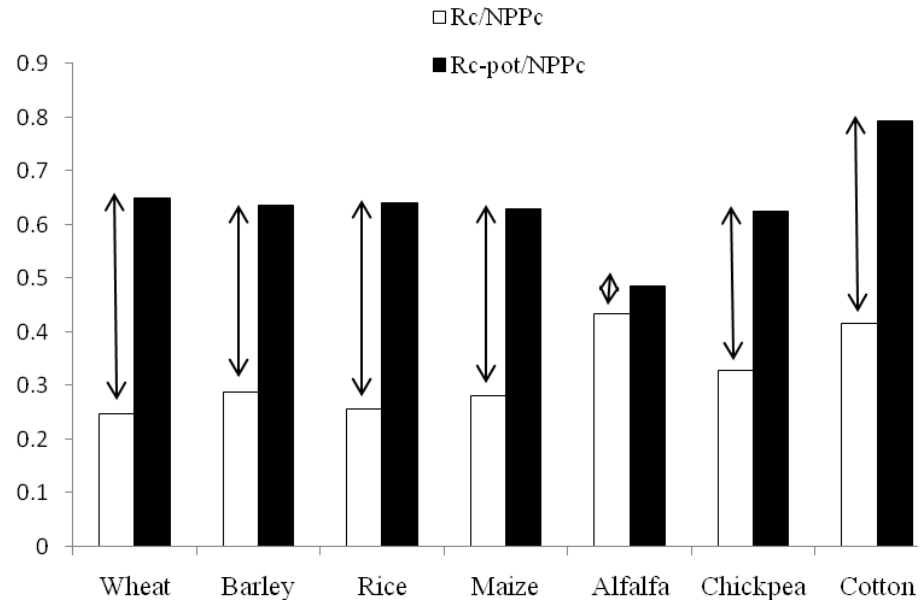
میزان واقعی، پتانسیل و خلاء ترسیب کربن

با توجه به این که در اکثر مناطق کشور بعد از برداشت محصـول، بقایای گیاهی که بیشتر شـامل کـاه و کلـش بـاقی مانـده از گیاهـان می‌باشد، به صورت علوفـه مـورد چـرا قـرار داده شـده و یـا سـوزانده می‌شوند، بنابراین میزان ورودی واقعی کربن به خاک کاهش می‌یابـد. بنابراین در صورتی که کل بقایای گیاهی بعد از برداشت محصـول در

سطح خاک باقی بمانند، میـزان ورودی کـربن و ترسـیب آن افـزایش می‌یابد که به عنوان پتانسیل ورودی کربن گیاهی به خاک می‌تواند در نظر گرفته شود و در نتیجـه اخـتلاف بـین میـزان واقعـی و پتانسـیل ورودی کربن به عنوان خلاء ترسیب کربن قابل تصور می‌باشد. دامنـه تغییرات نسبت کربن ورودی واقعی به خاک از کل کربن خالص گیـاه از ۰/۲۴ تا ۰/۴۳ متغیر بـود در حـالی‌کـه ایـن نسـبت بـرای شـرایط پتانسیل از ۰/۴۸ تا ۰/۷۹ بود که بسته به نوع گیاه متفاوت بود (شکل ۴). در بین گیاهان مورد بررسی، یونجه و پنبـه دارای بیشـترین سـهم نسبی کربن ورودی به خاک از کل کربن خالص گیـاه بـه ترتیـب بـا نسبت‌های ۰/۴۳ و ۰/۴۱ بودند (شکل ۴) کـه در حقیقـت یونجـه بـه دلیل تولید عملکرد بالا و همچنین نسبت S/R پایین و گیاه پنبـه بـه دلیل پایین بودن شاخص برداشت و نسبت S/R، کربن بیشـتری را از کل کربن گیاه وارد خاک می‌کنند. کمترین سهم نسبی کـربن ورودی به خاک از کل کربن گیاه نیز مربوط به گیاهان گندم و برنج به ترتیب با نسبت‌های ۰/۲۴ و ۰/۲۵ بود (شکل ۴). اختلاف موجود بین میـزان واقعی و پتانسیل ورودی کربن در گیاهان گندم، برنج و پنبه بیشـترین خلاء را به ترتیب با مقادیر ۰/۴، ۰/۳۸ و ۰/۳۷ نشان دادند که بیـانگر امکان افزایش قابلیت ترسیب کربن از طریق ایـن گیاهـان مـی‌باشـد (شکل ۴) به عبارتی با مدیریت مناسب و برگرداندن بقایای گیاهی بـه خاک می‌توان کارآیی ترسیب کربن را در این محصـولات زراعـی بـه ترتیب تا حدود ۶۵، ۶۴ و ۷۹ درصد از کـل کـربن گیـاه افـزایش داد. کمترین خلاء بین میـزان واقعـی و پتانسـیل ترسـیب کـربن در گیـاه یونجه مشاهده شد، به طوری کـه میـزان واقعـی ترسـیب کـربن ۴۳ درصد از کل کربن گیاه و میزان پتانسیل آن ۴۸ درصد از کـل کـربن موجود در گیاه می‌باشد، بنابراین پتانسیل افزایش ترسیب کربن توسط این گیاه در مقایسه با سایر گیاهان کمترین مقدار را دارا می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج نشان داد که سهم نسبی کربن در انـدام‌هـای مختلف گیاهی از کل کربن موجـود در گیـاه، در بـین گیاهـان مـورد بررسی متفاوت بود. در این بین یونجه نسبت به دیگـر گیاهـان مـورد بررسی کربن بیشتری را به بخش زیـرزمینـی اختصـاص داد و کـربن حاصل از ترشحات ریشه در آن نیز بیشتر از دیگر گیاهان بود.



شکل ٤- سهم نسبی کربن ورودی (Rc) و همچنین سهم نسبی پتانسیل کربن ورودی (Rc-pot) از میزان تولید خالص کربن در کل گیاه (NPPc)
Fig. 4- Relative ratio of C input (Rc) and Relative ratio of potential of C input (Rc-pot) from NPPc
فلش‌ها نشان‌دهنده خلاء موجود بین میزان پتانسیل و واقعی کربن می‌باشند.
The arrows indicate the gap between actual and potential carbon.

این موضوع می‌تواند اهمیت یونجه را برای ترسیب کربن در خاک‌های ایران نشان دهد. در دیگر گیاهان مورد بررسی، بیشترین کربن موجود در گیاه به کاه و کلش اختصاص یافته بود و بنابراین، با مدیریت مناسب کاه و کلش می‌توان میزان ترسیب کربن در این گیاهان را بهبود بخشید. میزان NPP_C به طور سالانه (بر اساس $Gg\ C.year^{-1}$) در اقلیم‌های مختلف کشور رابطه مستقیمی با تعداد استان‌های مورد بررسی در هر اقلیم داشت. به طوری‌که به استثنای برنج در دیگر گیاهان مورد بررسی، اقلیم مرطوب خزری به دلیل دارا بودن مساحت کمتر و اقلیم سرد کوهستانی به دلیل دارا بودن تعداد استان‌های بیشتر به ترتیب غالباً کمترین و بیشترین مقدار NPP_C را شامل شدند. در حالی‌که در بررسی میزان NPP_Cبه ازای سطح ($Kg\ C.ha^{-1}\ year^{-1}$) بیشترین مقدار NPP_Cبرای گندم، جو و یونجه در اقلیم مرطوب خزری، برای برنج، نخود و پنبه در اقلیم گرم و مرطوب جنوبی و برای ذرت در اقلیم گرم و خشک حاصل شد. گیاه یونجه در اقلیم معتدل خزری بیشترین نقش را در میزان NPP_C این اقلیم دارا بود و در اقلیم‌های گرم و خشک و سرد کوهستانی گیاه ذرت بیشترین سهم را در این مناطق داشت و برای اقلیم گرم و مرطوب جنوبی گیاه برنج از نقش بیشتری در مقدار NPP_C سیستم‌های زراعی برخوردار بود. در تمامی مناطق ایران، گیاه نخود کمترین تأثیر را در میزان NPP_C و در نتیجه ترسیب کربن برخوردار بود.

بیشترین میزان ورودی کربن در واحد سطح در بین گیاهان مورد مطالعه و مناطق مختلف در منطقه خزری و برای گیاه یونجه با میزان ورودی کربنی معادل ۳۱۵۰ کیلوگرم کربن در هکتار در سال و کمترین ورودی کربن مربوط به گیاه نخود در منطقه سرد کوهستانی با ۲۷۷ کیلوگرم کربن در هکتار در سال بود. در منطقه گرم و خشک بیشترین ورودی کربن از طریق گیاه ذرت و در منطقه سرد کوهستانی کشت یونجه حاصل شد، حال آن که در منطقه گرم و مرطوب گیاه برنج بالاترین ورودی کربن را نسبت به کشت سایر گیاهان دارا بود.

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش از محل پژوهه شماره ۱۶۲۵۵/۲ مورخه ۱۳۸۹/۱۰/۱۲، معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Bhardwaj, A.K., Jasrotia, P., Hamilton, S.K., and Robertson, G.P. 2011. Ecological management of intensively cropped agro-ecosystems improves soil quality with sustained productivity. Agriculture, Ecosystems and Environment 140: 419-429.

Bolinder, M.A., Janzen, H.H., Gregorich, E.G., Angers, D.A., and VandenBygaart, A.J. 2007. An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 29-42.

Campbell, C.A., Zentner, R.P., Liang, B.C., Roloff, G., Gregorich, E.G., and Blomert, B. 2000. Organic C accumulation in soil over 30 years in semiarid southwestern Saskatchewan—effect of crop rotations and fertilizers. Canadian Journal of Soil Science 80: 179-192.

Conen, F., and Smith, K.A. 1998. A re-examination of closed flux chamber methods for the measurement of trace gas emissions from soils to the atmosphere. European Journal of Soil Science 49: 701-707.

Gill, R.A., Kelly, R.H., Parton, W.J., Day, K.A., Jackson, R.B., Morgan, J.A., Scurlock, J.M.O., Tieszen, L.L., Castle, J.V., Ojima, D.S., and Zhang, X.S. 2002. Using simple environmental variables to estimate belowground productivity in grasslands. Global Ecology and Biogeography 11: 79-86.

Grogan, P., and Matthews, R. 2002. A modelling analysis of the potential for soil carbon sequestration under short rotation coppice willow bioenergy plantations. Soil Use Management 18: 175-183.

Hoyaux, J., Moureaux, C., Tourneur, D., Bodson, B., and Aubinet, M. 2008. Extrapolating gross primary productivity from leaf to canopy scale in a winter wheat crop. Agricultural and Forest Meteorology 148: 668 -679.

Huang, Y., Yu, Y., Zhang, W., Sun, W., Liu, S., Jiang, J., Wu, J., Yu, W., and Yang, Z. 2009. Agro-C: A biogeophysical model for simulating the carbon budget of agroecosystems. Agricultural and Forest Meteorology 149: 106-129.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2002. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge Univ.

Press, New York. 118 pp.

Izaurralde, R.C., McGill, W.B., Robertson, J.A., Juma, N.G., and Thurston, J.J. 2001. Carbon balance of the Breton classical plots over half a century. Soil Science Society of America Journal 65: 431-441.

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallti, M., and Khorasani, R. 2010. Effect of different crop management systems on NPP and relative corbon allocation coefficients for corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 2: 667-680. (In persian with English Summary).

Koga, N., Smithb, P., Yeluripatib, J.B., Shirato, Y., Kimurad, S.D., and Nemoto, M. 2011. Estimating net primary production and annual plant carbon inputs, and modelling future changes in soil carbon stocks in arable farmlands of northern Japan. Agriculture, Ecosystems and Environment 144: 51-60

Koocheki, A., and Hosseini, M. 2006. Climate Change and Global Crop Productivity. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 556 pp. (In Persian).

Kutsch,W.L., Aubinet, M., Buchmann, N., Smith, P., Osborne, B., Eugster, W., Wattenbach, M., Schrumpf, M., Schulze, E.D., Tomelleri, E., Ceschia, E., Bernhofer, C., Béziat, P., Carrara, A., DiTommasi, P., Grünwald, T., Jones, M., Magliulo, V., Marloie, O., Moureaux, C., Olioso, A., Sanz, M.J., Saunders, M., Sogaard H., and Ziegler, W. 2010. The net biome production of full crop rotations in Europe. Agriculture, Ecosystems and Environment 139: 336-345.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma 123: 1-22.

Lehuger, S., Gabrielle, B., Cellier, P., Loubet, B., Roche, R., Béziat, P., Ceschia, E., and Wattenbach, M. 2010. Predicting the net carbon exchanges of crop rotations in Europe with an agro-ecosystem model. Agriculture, Ecosystems and Environment 139: 384-395.

Metting, F.B., Smith, J.L., and Amthor, J.S. 1999. Science needs and new technology for soil carbon sequestration. p. 1-35. Rosenberg Publishing.

Motha, R.P., and Baier, W. 2005. Impact of present and future climate change and climate variability on agriculture in the temoerate regions: North America. Climatic Change 70: 137-164.

Nassiri Mahallati, M., 2008. Crop Ecology in: Koocheki, A., and Khaje Hosseini, M. Modern agronomy. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 712 pp. (In Persian)

Paustian, K., Collins, H.P., and Paul, E.A. 1997. Management controls on soil carbon. In: Paul, E.A., et al. (Eds.), Soil Organic Matter in Temperate Agroecosystems. Long-Term Experiments in North America. CRC Press, Boca Raton, p. 15-49.

Prince, S.D., Haskett, J., Steininger, M., Strand, H., and Wright, R. 2001. Net primary production of U.S. Midwest croplands from agricultural harvest yield data. Ecological Applications 11: 1194-1205.

Prior, S.A., Torbert, H.A., Runion, G.B., Rodgers, H.H., Wood, C.W., Kimball, B.A., LaMorte, R.L., Pinter, P.J., and Wall, G.W. 1997. Free- air carbon dioxide enrichment of wheat: soil carbon and nitrogen dynamics. Journal of Environmental Quality 26: 1161-1166.

Salinger, M.J. 2005. Climate variability and change: past, present and future- an overview. Climate Change 70: 9-29.

Smith, P., Lanigan, G., Kutsch, W.L., Buchmann, N., Eugster, W., Aubinet, M., Ceschia, E., Beziat, P., Yeluripati, J.B., Osborne, B., Moors, E.J., Brut, A., Wattenbach, M., Saunders, M., and Jones, M. 2010. Measurements necessary for assessing the net ecosystem carbon budget of croplands. Agriculture, Ecosystems and Environment 139: 302-315.

Smith, W.N., Grant, B., Desgardins, R.L., Lemke, R., and Li, C. 2004. Emission of the interannual N_2O emission from agricultural soils in Canada. Nutrient Cycling in Agroecosystems 68: 37-45.

Twine, T.E., and Kucharik, C.J. 2009. Climate impacts on net primary productivity trends in natural and managed ecosystems of the central and eastern United States. Agricultural and Forest Meteorology 149: 2143–2161.

Yousefi, N., and Famili, D. 2008. Weather and Climatology. Danesh Behbad Press. Iran. 306 pp. (In Persian)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۶۶-۷۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 753-766

اثرات کاربرد پلیمر سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی اسید هیومیک روی برخی ویژگی‌های اگروفیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در شرایط مشهد

محسن جهان[1*]، مهدی نصیری‌محلاتی[1]، فاطمه رنجبر[2]، معصومه آریایی[3] و نفیسه کمایستانی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۲

چکیده

تنش خشکی محدود کننده‌ترین عامل در تولید محصولات زراعی در سرار جهان به شمار می‌رود. به منظور ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی اسید هیومیک و کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت بر کمیت و کیفیت چغندرقند (*Beta vulgaris* L.)، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده نواری (استریپ اسپلیت پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. عوامل آزمایشی عبارت بودند از: استفاده از سوپر جاذب رطوبت و عدم استفاده از سوپر جاذب رطوبت به عنوان کرت اصلی، دو دور آبیاری به ترتیب ۷ و ۱۰ روزه به عنوان عامل کرت فرعی و استفاده و عدم استفاده از اسید هیومیک به عنوان عامل کرت نواری. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد سوپرجاذب رطوبت نسبت به عدم کاربرد آن، تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ، عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل‌متر داشت، به طوری‌که بیشترین مقادیر این صفات (به ترتیب با ۳/۴، ۴/۷ تن در هکتار و ۴۶/۲) را سبب شدند. محلول پاشیاسید هیومیک سبب بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۴) و عدد کلروفیل متر(۴۵/۱) شد که با دیگر تیمارها، تفاوت معنی‌دار داشت. دور آبیاری هفت روز، بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۸) و عملکرد غده (۲۴/۹ تن در هکتار) را به دنبال داشت. بیشترین عدد کلروفیل‌متر (۴۹/۹) در نتیجه‌ی کاربرد سوپر جاذب و محلول‌پاشی اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز حاصل شد. عملکرد ماده‌ی خشک و تعداد برگ در بوته با عملکرد غده، عملکرد قند ناخالص و قرائت اسپد، همبستگی مثبت و معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) نشان دادند. بررسی ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف نشان داد که به ترتیب بین عملکرد ماده خشک و شاخص سطح برگ، و بین عملکرد ماده‌ی خشک و عملکرد قند ناخالص همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. این نتایج تأکید می‌کنند که هر عاملی که شاخص سطح برگ را افزایش دهد، سبب افزایش عملکرد ماده خشک و در نتیجه افزایش عملکرد قند ناخالص خواهد شد. همچنین، بین عملکرد ماده خشک و قرائت کلروفیل‌متر و بین قرائت کلروفیل‌متر و عملکرد غده، همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت. برآورد میزان قند ناخالص بر اساس روش رگرسیون چند متغیره نشان داد که این صفت تحت تأثیر متغیر-هایی مثل عیار قند، عملکرد غده و عدد کلروفیل‌متر قرار دارد ($r=$۰/۸۷**). به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که کاربرد سوپر جاذب می‌تواند سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه سبب ثبات تولید در شرایط تنش خشکی شود. همچنین، محلول پاشی اسیدهیومیک، علاوه بر حفظ سلامت محیط زیست، می‌تواند سبب افزایش تولید اقتصادی چغندر قند شود.

واژه‌های کلیدی: محلول‌پاشی برگی، هیدروژل جذب‌کننده رطوبت، درصد قند، قرائت کلروفیل‌متر

مقدمه

کشور ایران به عنوان یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین، با مشکل کم آبی مواجه می‌باشد. رشد فزاینده جمعیت و نیاز بیشتر به محصولات کشاورزی و محدودیت منابع آب و خاک به عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، مسئله‌ی کم آبی را به گونه‌ای بسیار جدی فرا روی کشور قرار داده است (Bayat et al., 2009; Kohestani et al., 2009). مصرف بهینه آب در تولید محصولات کشاورزی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی مؤثر بر رشد و نمو گیاهان به ویژه در مناطق خشک ونیمه‌خشک مانند ایران، از

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشجوی دکتری اگرواکولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، کارشناس ارشد مهندسی محیطزیست، دانشگاه تهران و کارشناس ارشد اگرواکولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: jahan@um.ac.ir)

اهمیت به سزایی برخوردار است (Bayat et al., 2009; Kohestani et al., 2009; Mirzaei et al., 2005). مدیریت استفاده از آب درمزرعه سبب صرفه‌جویی و حفاظت از منابع محدود آب و خاک،وعلاوه برآن موجبات افزایش محصول رافراهم می‌سازد (Allen et al., 1998; Liu et al., 2005). از طرفی، به‌علت افزایش هزینه آب مصرفی و کاهش آب قابل دسترس در این مناطق، توجه زیادی به مدیریت تنش آبی شده است (Nonami and Matthewse, 1997; Ucan & Gencoglan, 2004; Winter, 1990; Moosavi-Nia & Atapour, 2005). کم‌آبیاری که در آن،گیاه در مرحله‌ای خاص از رشد ویا در تمام فصل رشد تحت تنش آبی قرار می‌گیرد، یکی از راه‌های به حداکثر رساندن کارآیی مصرف آب به ازای یک واحد آب مصرفی می‌باشد (Khorshidi et al., 2002; Karda, 2002; Siddique et al., 2000).

چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) گیاهی است که به دلیل طولانی بودن دوره رشد گاهی اوقات ۹–۸ ماه در زمین باقی می‌ماند و حجم وسیعی از آب آبیاری را به‌خود اختصاص می‌دهد. از آن جا که چغندرقند پس از سبز شدن نسبت به خشکی متحمل است، لذا با کاهش آبیاری نیز می‌تواند عملکرد اقتصادی قابل قبولی تولید نماید (Cole, 1975; Winter, 1980). اوبر و همکاران (Ober et al., 2004) تحمل نسبی چغندرقند به خشکی را مزیتی مهم برای اکثر مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌دانند.این گیاه به‌واسطه دوره‌ی رشد طولانی جزء گیاهان پرمصرف از نظر آب می‌باشد به طوری که در مناطق مختلف جهان میزان نیاز آبی آن بین ۳۵۰ تا ۱۱۵۰ میلی‌متر گزارش شده است (Almani et al., 1997; Van Eerd & Zandstra, 2007) نیاز آبی چغندرقند در مشهد برابر با ۷۶۲/۸ میلی‌متر در طول دوره رشد برآورد شده است (Rahimian & Asadi, 2000). پرویزی و یزدی صمدی (Parvizi & Yazdi Samadi, 1993) نتیجه گرفتند که بروز تنش آبی در چغندرقند موجب افزایش درصد قند، پتاسیم و قلیائیت ریشه می‌گردد، اما عملکرد قند قابل استحصال کاهش می‌یابد. طالقانی و همکاران (Taleghani et al., 1999) با بررسی اثر مقادیر آبیاری ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه بر چغندر قند بیان داشتند که مقدار عملکرد ریشه در تیمار ۱۰۰درصد نیاز آبی در حدود ۲۰ درصد بیشتر از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی بود، ولی درصد قند در شرایط ۵۰ درصد نیاز آبی، بیشتر از صد درصد نیاز آبی بود. بازوبندی (Bazubandi, 1992) با بررسی اثر تنش رطوبتی بر خواص کمی و کیفی چغندرقند، گزارش کرد که تنش رطوبتی تا میزان حذف چهار نوبت آبیاری در طول دوره رشد، تأثیر محسوسی بر عملکرد غده نداشت، ولی با افزایش مدت تنش رطوبتی، درصد قند غده افزایش یافت. تنش خشکی می تواند سبب افزایش درصد قند ناخالص چغندرقند گردد. همچنین می‌توان علت افزایش درصد قند در حالت تنش را به کوچک بودن غده‌ها نسبت داد (Koocheki & Soltani, 1996).

از آن جا که استفاده‌ی بهینه از آب در بخش کشاورزی نقشی اساسی در توسعه و بقای جوامع بشری دارد، از این رو توجه به نقش مدیریتی کاربرد برخی از مواد افزودنی اصلاح‌کننده نظیر پلیمرهای هیدروژل سوپرجاذب به منظور استفاده بهینه ازآب در کشاورزی به منظور افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، اخیراً در سطح جهان و در مقیاس وسیع مورد توجه و استفاده قرار گرفته است. در ایران نیز به تازگی توجه برخی محققین به این موضوع معطوف شده است (Salar et al., 2005; Talaei & Asadzade, 2005; Islam et al., 2011a, 2011b; Nautiyal et al., 2002). زمانی که پلیمر منبسط می‌شود، آب و مواد غذایی محلول وارد ساختمان آن شده و به‌سبب وجود منفذهای ریزی که در ساختمان پلیمر وجود دارد به مولکول‌هایی مانند NH_4اجازه نفوذ و حرکت می‌دهد (Johnson & Veltkamp, 1985).

از جمله مزایای سوپرجاذب‌ها به افزایش ظرفیت نگهداری آب و مواد غذایی برای مدت طولانی، کاهش تعداد دفعات آبیاری، مصرف یکنواخت آب برای گیاهان، رشد سریع و مطلوب ریشه، کاهش آبشویی مواد غذایی موجود در خاک، کاهش هزینه آبیاری، مصرف بهینه کودهای شیمیایی، هوادهی بهتر خاک، امکان کشت در مناطق بیابانی و سطوح شیب‌دار، افزایش فعالیت و تکثیر قارچ‌های میکوریزا وسایر ریز جانداران خاک و افزایش تخلخل و ثبات ساختمان خاک اشاره شده است (Prnyazpour et al., 2007; Campbell et al., 1990) با توجه به pH نزدیک به خنثی سوپرجاذب‌ها، این ترکیبات اثر سویی بر خصوصیات شیمیایی خاک نداشته ودر خاک آلودگی ایجاد نمی‌کنند. همچنین پس از ۷–۴ سال بسته به نوع آن و ترکیب خاک، توسط میکروارگانیسم‌ها از بین می‌روند و هیچ گونه آلودگی زیست محیطی از خود بر جای نمی‌گذارند. علاوه بر نگهداری آب، سوپرجاذب‌ها به علت تغییر حجم مداوم، مقدار هوای موجود در خاک را افزایش می‌دهند(Kabiri, 2005).

از جمله شاخص‌هایی که می‌توان در ارزیابی شرایط آبی گیاه از آن بهره برد، محتوای آب نسبی برگ[1](RWC) و همچنین اعداد قرائت شده از دستگاه کلروفیل‌متر می‌باشد. برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن محتوای آب نسبی برگ به عنوان شاخصی از تحمل به خشکی می‌باشد (Sinclair & Ludlow, 1985). شونفلد و همکاران (Schonfeld et al., 1998) بیان کردند که با افزایش تنش رطوبتی، محتوای آب نسبی برگ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) کاهش یافت و علت این کاهش، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها درشرایط خشک بود. مون و الگر (Munne and Alegre, 1999) با بررسی اثر شبنم و تنش خشکی بر گیاه دارویی بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، نتیجه گرفتند که تنش خشکی موجب کاهش سه مگاپاسکالی پتانسیل آب گیاه، کاهش ۳۴ درصدی محتوای آب برگ، بسته شدن روزنه‌ها و درنتیجه سبب پایین آمدن جذب دی‌اکسیدکربن، کاهش میزان فتوسنتز و عملکرد گردید. باراری و همکاران (Barary et al., 2002) بین محتوای آب نسبی برگ و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های تریتیکاله، در شرایط تنش رطوبتی همبستگی مثبت پیدا کردند. در این آزمایش، با کاهش محتوای آب نسبی برگ، کاهش در شاخص سطح برگ نیز روی داد. نونامی و متیوز (Nonami and Matthewse, 1997) بیان کردند که تنش خشکی به علت کاهش اندازه سلول‌ها، سبب تجمع سلول‌های بیشتری در واحد وزن و سطح برگ می‌شود، لذا غلظت کلروفیل برگ نیز به دنبال آن افزایش می‌یابد. شونفلد و همکاران (Schonfeld et al., 1998) گزارش کردند که با افزایش تنش رطوبتی، محتوای آب برگ‌های گندم کاهش پیدا می‌کند. به نظر می‌رسد گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار می‌گیرند، فضای بین سلولی و میزان آب آزاد موجود در پیکره‌ی خود را از طریق افزایش مواد محلول در درون بافت‌ها به حداقل می‌رسانند تا آب از خاک با مکش بیشتری وارد گیاه شود که این امر موجب کاهش میزان آب نسبی در شرایط تنش خشکی می‌گردد.

مدیریت چغندرقند در راستای تولید زیادغده همراه با کیفیت مطلوب، مستلزم توجه دقیق به شرایط خاک به ویژه میزان حاصلخیزی و رطوبت خاک در طی فصل رشد می‌باشد. کمبود عناصر غذایی موجب نقصان رشد، مرگ زودرس برگ‌ها و کاهش عملکرد می‌گردد. زیادی نیتروژن در خاک سبب تحریک رشد اندام‌های هوایی و مصرف مواد فتوسنتزی می‌شود که خود افزایش ناخالصی ریشه را به دنبال دارد. بنابراین، مصرف زیاد کودهای شیمیایی به‌دلیل کاهش عملکردقند، افزایش هزینه‌های تولید و آلودگی آب‌های زیرزمینی، نامطلوب است (Parvizi & Yazdi Samadi, 1993). واکنش سریع گیاهان به کودهای شیمیایی، به‌ویژه تشدید رشد اندام هوایی موجب شده است که بدون در نظر گرفتن عوامل کمی، کیفی و زیست محیطی، مصرف کودهای نیتروژنی به‌طور بی‌رویه‌ای گسترش یابد. با توجه به مواردی که بیان شد، استفاده از کودهایی که از طریق برگ جذب می‌گردند نه تنها سبب جلوگیری از افزایش مصرف کودهای شیمیایی می‌شود، بلکه مانع از کاهش کیفیت ریشه و کاهش میزان قند و همچنین آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌گردد. استفاده از انواع کودهای طبیعی از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست محیطی می‌تواند در جهت حصول عملکرد بالا مفید واقع شود. مواد آلی دارای دو نوع اسید آلی به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک و جزء هیومین هستند که از منابع مختلف نظیر خاک، پیت، زغال سنگ، هوموس و غیره استخراج می‌شوند. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثراتی مفید و چشمگیر در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (Hasanzade daluie, 1994; Mambelli et al., 1997; Samavat et al., 2006; Sebahattin & Necdet, 2005; Thompson et al., 1996; Tsialtas & Maslaris, 2008). اسید هیومیک با وزن مولکولی ۳۰ تا ۳۰۰ کیلودالتون، دارای درصد کربن بیشتری نسبت به اسیدهای فولویک است و با عناصر میکرو ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهد (Kauser & Azam, 1985; Michael, 2001; Tugnoli and Bettini, 2000).

کوازر و ازم (Kauser & Azam, 1985) ضمن انجام آزمایشی روی گندم دریافتندکه محلول‌پاشی اسید هیومیک به میزان ۵۴ میلی‌گرم در لیتر، ۵۰ درصد افزایش درطول ریشه و ۲۲ درصد افزایش درماده خشک را به همراه داشت، همچنین جذب نیتروژن درحضور اسید هیومیک افزایش معنی‌داری نشان داد.

به دلیل ارزش اقتصادی گیاه چغندر قند به منظور تأمین قند و شکر، کشت این گیاه در مناطق مستعد کشور از جمله دشت مشهد از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است، در این راستا، به نظر می‌رسد که کاربرد سوپر جاذب و اسید هیومیک بتواند به بهره‌وری بیشتر از آب و عناصر غذایی در این گیاه کمک کند. ضمن این‌که کاربرد کودهای طبیعی

1- Relative Water Content

مانند اسید هیومیک می‌تواند تضمین کننده سلامت محیط زیست نیز باشد. لذا، هدف از طراحی و اجرای این آزمایش، بررسی اثر اتپلیمر سوپر جاذب رطوبت واعمال تنش آبی و مقادیر مختلف اسید هیومیک بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند در شرایط مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده نواری (اسپلیت استریپ پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از: استفاده از سوپر جاذب رطوبت و عدم استفاده از سوپر جاذب رطوبت به عنوان عامل کرت اصلی، دو دور آبیاری به ترتیب هفت و ۱۰ روزه به عنوان عامل کرت فرعی و محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی اسید هیومیک به عنوان عامل کرت نواری. قبل از پیاده‌سازی نقشه طرح، نمونه خاک از عمق ۱۵ تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه ارسال شد. برخی از خصوصیات خاک محل انجام آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. به منظور جلوگیری از نشت آب به کرت‌های مجاور، کرت‌ها توسط ایجاد پشته‌هایی کاملاً از یکدیگر جدا شدند. کاشت بذور در تاریخ ۱۹ خرداد ماه ۱۳۹۰ انجام شد. بذر مورد استفاده رقم دوروتی[1] (مونوژرم و محصول فرانسه)، مقاوم به بیماری ویروسی ریزومانیا بود. پس از شخم اولیه، کلیه عملیات آماده‌سازی زمین شامل تسطیح و ایجاد جوی و پشته توسط بیل دستی انجام شد. فاصله دو کرت اصلی از یکدیگر نیم متر، فاصله کرت‌های فرعی ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. هر کرت شامل پنج خط کاشت به طول سه متر و با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود. فاصله بوته‌ها روی هر ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود، به طوری‌که تراکم کاشت به ۱۰ بوته در متر مربع رسید.

واکاری بوته‌ها قبل از مرحله ۸-۶ برگی گیاه به وسیله بوته‌های اضافی موجود در مزرعه و به صورت نشاکاری صورت گرفت. مقدار کل کود مصرفی در طول فصل رشد عبارت از: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل بود. کود نیترون در دو نوبت همزمان با کاشت و پس از تنک و وجین و استقرار کامل بوته‌ها استفاده شد. کود سوپر فسفات تریپل در کنار بذر همزمان با کاشت مورد استفاده قرار گرفت. از آن جایی که چغندر قند در ابتدای مراحل رشد به کمبود آب حساس و همچنین جوانه‌زنی آن با مشکل مواجه است، لذا در مرحله جوانه‌زنی تا استقرار کامل گیاه، آبیاری به میزان کافی انجام شد و از مرحله هشت برگی به بعد تیمار تنش اعمال شد. بلافاصله پس از کاشت و به منظور شبیه‌سازی کوددهی نواری توسط تراکتور، سوپر جاذب به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار توسط دست و به صورت نواری در عمق ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری در کنار هر ردیف قرار داده شد. ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت، محلول‌پاشی اسید هیومیک بر روی برگ‌ها به میزان سه کیلوگرم در هکتار و با حجم پاشش ۴۰۰ لیتر در هکتار انجام گرفت. در طول فصل رشد، کنترل علف‌های‌هرز به صورت دستی انجام شد و از هیچ گونه سم یا ماده شیمیایی استفاده نشد.

به منظور اندازه‌گیری عملکرد واجزای عملکرد، بوته‌های موجود در سطحی معادل ۰/۲۵ متر مربع از ردیف‌های میانی به صورت تصادفی انتخاب و جهت اندازه‌گیری به آزمایشگاه منتقل شدند. اندازه‌گیری‌ها شامل: تعیین سطح برگ، تعیین وزن خشک، اندازه‌گیری محتوای آب نسبی برگ وعدد کلروفیل‌متر بود. اندازه‌گیری‌ها از ۳۰ روز پس از کاشت آغاز شد و به فاصله هر ۱۰روز یک بار تا انتهای فصل رشد انجام گرفت. سطح برگ بوته‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ[2] تعیین و سپس نمونه‌ها به منظور تعیین وزن خشک به مدت ۷۲ ساعت در داخل پاکت‌های کاغذی در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و در نهایت وزن خشک هر نمونه تعیین شد. به منظور بررسی میزان تأثیر سوپر جاذب رطوبت بر محتوای آب گیاه، میزان رطوبت نسبی برگ در چند نوبت از طریق معادله (۱) تعیین شد (Smartt, 1994).

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(SW - DW)} \qquad \text{معادله (۱)}$$

که در آن، RWC: محتوای نسبی آب برگ، FW: وزن برگ تازه، SW: وزن آماس برگ و DW: وزن خشک برگ می‌باشد. شاخص کلروفیل برگ در چند نوبت و با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر[3] قرائت و ثبت شد.

1- Doroti

1- Area Measurement System (Delta T Co. Ltd., UK)

3- SPAD (502 Minolta, Ltd., Japan)

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Some physical and chemical properties of experimental site soil

بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم در کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم (درکیلوگرم Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
لوم سیلتی Silty- Loam	390	13	0.078	1.3	7.7

قرائت عدد کلروفیل‌متر روی پنجمین برگ توسعه یافته هر بوته و از قسمت میانی برگ‌ها صورت گرفت. برداشت نهایی در تاریخ ۱۸ آبان ۱۳۹۰ صورت گرفت. به منظور تعیین عملکرد نهایی، پس از حذف ۲۰ سانتی‌متر ابتدای ردیف‌های میانی، بوته‌های موجود در سطحی معادل یک پنجم متر مربع برداشت و سپس عملکرد غده و عیار قند اندازه‌گیری شد. جهت تعیین عیار قند از دستگاه پلاریمترمدل Automatic Polarimeter, ATAGO AP300 Co., LTD., Japan استفاده شد. به این منظور، حدود ۲۶ گرم غده چغندر با ۱۷۷ میلی‌لیتر استات سرب قلیایی مخلوط و پس از صافکردن واردپلاریمترشد، سپس عدد نمایش داده شده توسط دستگاه قرائت و ثبت گردید. تجزیه واریانس، تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش و تعیین ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه، با استفاده از نرم‌افزار Minitabver. 16.1 و رسم شکل‌های مربوطه توسط نرم‌افزار MS Excel ver. 14 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها به‌کمک آزمون LSD (سطح احتمال پنج درصد) انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در جدول ۲ نشان می‌دهد که تأثیر سوپر جاذب بر شاخص سطح برگ و عملکرد قند ناخالص در سطح احتمال پنج درصد و اعداد به دست آمده از کلروفیل متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و بر سایر صفات تأثیر قابل توجهی نداشت. اثر کاربرد اسید هیومیک نیز بر شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و بر سایر صفات غیر معنی‌دار بود. همچنین، تأثیر دور آبیاری هفت و ده روز بر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد و بر عملکرد غده در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل سوپر جاذب و اسید هیومیک و همچنین سوپرجاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سطح برگ معنی‌داری بود.

مقایسه میانگین صفات مورد بررسی (جدول ۳) نشان می‌دهد که کاربرد سوپر جاذب نسبت به عدم کاربرد آن، بر شاخص سطح برگ، عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل‌متر تأثیری معنی‌دار داشت ($p\leq$۰/۰۵) و بیشترین مقدار این صفات به ترتیب برابر ۳/۴، ۴/۷ (تن در هکتار) و ۴۶/۲ بود. کاربرد اسید هیومیک نیز سبب تولید بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۴) و عددکلروفیل متر (۴۵/۱) شد که با سایر مقادیر تفاوت معنی‌دار داشتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) بین دو تیمار آبیاری هفت و ده روزه، دور آبیاری هفت روزه سبب بهبود شاخص سطح برگ (۳/۸) و عملکرد غده (۹/ ۲۴ تن در هکتار) نسبت به تیمار آبیاری ۱۰ روز شد.

سوپر جاذب‌ها پلیمرهای جاذب آب هستند که در کشاورزی، باغبانی و مدیریت مناطق بیابانی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مواد زمانی که به خاک اضافه می‌شوند، قادر هستندکه آب و مواد غذایی را به خود جذب و سپس به آهستگی آزاد می‌کنند. این آب توسط گیاه زمانی که در حال رشد است یا تحت شرایط تنش قرار دارد مورد استفاده قرار می‌گیرد (Islam et al., 2011a; Kramer, 1988). به نظر می‌رسد در حالتی که سوپر جاذب در خاک وجود داشت، به سبب تسهیل در جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه، گیاه توانست از شرایط ایجاد شده به منظور تولید سطح برگ بیشتر، میزان کلروفیل بیشتر و در نتیجه میزان فتوسنتز بالاتر، استفاده و در نهایت عملکرد غده بیشتری تولید کند. از آن جا که عملکرد قند ناخالص از حاصلضرب عملکرد غده در عیار قند به دست می‌آید، می‌توان گفت که افزایش در شاخص سطح برگ منجر به افزایش تولید و در نتیجه افزایش در میزان عملکرد قند ناخالص شد. به طور کلی، به نظر می‌رسد .

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) داده‌های حاصل از تاثیر سوپر جاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of data resulted from super absorbent, humic asid and irrigation effects on sugar beet traits

منابع تغییر Source of variations	درجه آزادی df	شاخص سطح برگ LAI	میزان ماده خشک Dry matter accumulation	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی RWC	عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	عملکرد غده Tuber yield	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	عدد کلروفیل متر SPAD reading
بلوک(B) Block (B)	2	0.086	126885	145.12	57.6	8.508	7.41	3.63	87.822
سوپر جاذب(S) Super absorbent (S)	1	0.396*	129228	165.38	11.07	8.449	59.76	10.615**	232.815**
بلوک×سوپرجاذب B×S	2	0.003	54596	2.63	62.47	9.206	12.92	2.096	31.673
اسید هیومیک (H) Humic asid (H)	1	0.622**	41708	5.04	0.17	8.930	0.13	0.882	100.246**
بلوک×اسید هیومیک B×H	2	0.078	40	153.29	4.22	8.307	0.38	0.496	44.057
سوپرجاذب× اسیدهیومیک S×H	1	1.107**	14181	1.04	0.52	0.416	1.20	1.754	38.380
بلوک× سوپرجاذب× اسیدهیومیک S×H×B	2	0.019	48563	1.29	6.54	0.766	11.95	2.169	22.939
دورآبیاری Irrigation interval	1	2.630**	4007	155.04	116.95	12.241	175.12*	4.949	29.593
سوپرجاذب×دورآبیاری S×I	1	0.021	19165	15.04	32.11	2.34	3.50	0.180	21.376
اسیدهیومیک×دورآبیاری H×I	1	0.070	2	12.04	4.91	0.126	0.19	0.159	2.251
سوپرجاذب×اسیدهیومیک×دورآبیاری S×H×I	1	1.457**	2703	2.04	3.6	0.144	0.382	0.488	6.355
خطا Error	8	0.041	36288	34.67	44.92	2.394	17.66	1.217	7.746

*، **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

که هیدروژل‌های سوپر جاذب رطوبت قادر هستند که تأثیرات منفی ناشی از تنش خشکی را تخفیف دهند و از آن جا که عملکرد غده چغندرقند در شرایط تنش و بدون تنش، زمانی که از سوپرجاذب استفاده شده از نظر آماری تفاوتی نداشت، لذا می‌توان گفت که کاربرد سوپرجاذب سبب حفظ آب و همچنین رها سازی آن برای گیاه در زمانی که تحت شرایط تنش بوده، گردید.

کاربرد اسید هیومیک احتمالاً به واسطه ایجاد شرایط مطلوب تغذیه‌ای برای گیاه و همچنین تأثیری که بر افزایش میزان کلروفیل دارد، سبب افزایش سطح برگ و سبزینگی گیاه شد، در نتیجه اعداد قرائت شده از کلروفیل متر، از مقادیر بالاتری برخوردار بودند. میلفورد و همکاران (Milford et al., 1985) علت اختلاف عملکرد بین تیمارهای مختلف آبی در گیاه چغندر را به کاهش پتانسیل فشاری، هدایت روزنه‌ای و میزان نسبی آب برگ در حالت تنش آبی نسبت دادند که سبب افت سرعت رشد برگ‌ها و ریشه به علت کاهش توسعه و انبساط سلول‌ها می‌شود. آن‌ها بیان کردند زمانی‌که گیاه تحت تنش آبی قرار نداشت توانست سطح برگ خود را گسترش داده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری تولید کند و درنتیجه سهم بخش اقتصادی یعنی غده از میزان ماده تولیدی بیش‌تر شد.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده کاربرد سوپرجاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 3- Main effects of super absorbent, humic asid and irrigation on sugar beet traits

تیمار	شاخص سطح برگ	ماده خشک (تن در هکتار)	تعداد برگ در پایان فصل رشد	محتوای آب نسبی (درصد)	قند ناخالص (درصد)	عملکردغده (تن در هکتار)	عملکردقند ناخالص (تن در هکتار)	عددکلروفیل متر
Treatment	LAI	Dry matter ($t.ha^{-1}$)	Final leaf number	RWC (%)	Gross sugar (%)	Tuber yield ($t.ha^{-1}$)	Gross sugar yield ($t.ha^{-1}$)	SPAD reading
با سوپرجاذب + Super Absorbent	3.4[a]*	5.82[a]	26.0[a]	87.1[a]	17.0[a]	23.8[a]	4.7[a]	46.2[a]
بدون سوپرجاذب _ Super Absorbent	2.8[b]	4.35[a]	20.8[a]	85.8[a]	15.8[a]	20.6[a]	3.3[b]	40.0[b]
با اسیدهیومیک + Humic acid	3.4[a]	5.50[a]	23.8[a]	86.5 [a]	17 [a]	22.3 [a]	a4.2	a45.1
بدون اسیدهیومیک - Humic acid	2.8[b]	4.66[a]	22.9[a]	86.3[a]	15.9[a]	22.1[a]	3.3[a]	41.0[b]
آبیاری هفت روز 7 Days irrigation	3.8[a]	4.95[a]	25.9[a]	84.2[a]	15.7[a]	24.9[a]	4.4[a]	44.2[a]
آبیاری چهارده روز 14 Days irrigation	2.4[b]	5.21[a]	20.8[a]	88.6[a]	17.1[a]	19.5[b]	3.5[a]	42.0[a]

* برای هر تیمار و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

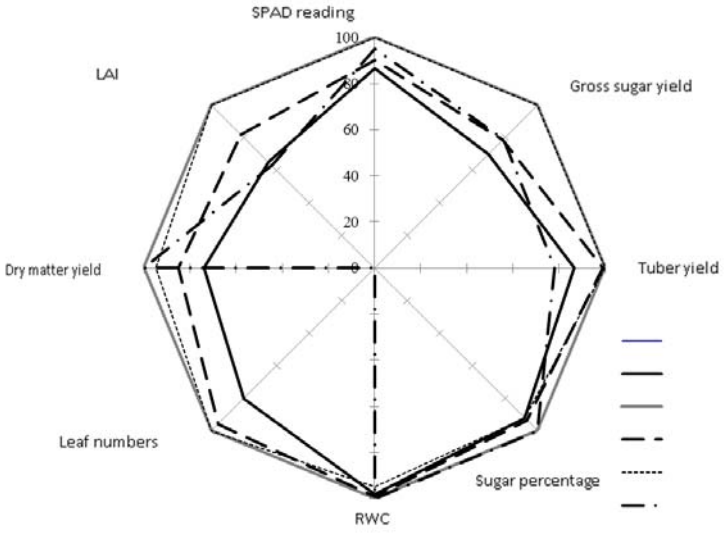
* For each factor and in each column, means followed by the same letter(s), are not significantly different ($p \leq 0.05$)based on LSD test.

تغییرات هر یک از صفات مورد بررسی چغندر قند تحت تأثیر اثرات ساده تیمارهای آزمایشی، به طور نسبی در شکل (۱) نشان داده شده است و همان گونه که در شکل مشاهده می‌شود کاربرد سوپر جاذب، محلول‌پاشی اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز به ترتیب منجر به بیشترین مقادیر محتوای نسبی آب برگ، عدد کلروفیل متر، عیار قند و عملکرد غده شد.

اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر معنی‌داربود (جدول ۲) و مطابق نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۶) در تیمار بدون سوپر جاذب و با اسید هیومیک به دست آمد که به لحاظ آماری با تیمارهای با سوپر جاذب و با اسید هیومیک و همچنین با سوپر جاذب و بدون اسید هیومیک اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقادیر شاخص سطح برگ در نتیجه اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک در تیمار بدون سوپر جاذب و بدون اسید هیومیک حاصل شد.

اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک و دور آبیاری بر شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل متر معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵) و بیشترین میزان آن در مورد شاخص سطح برگ (۴/۸) در نتیجه تیمار بدون سوپر جاذب، با اسید هیومیک و دورآبیاری هفت روزه به دست آمد (جدول ۴). همچنین بیشترین عدد کلروفیل‌متر (۴۹/۹) در تیمار با سوپرجاذب، با اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز مشاهده شد. کمترین شاخص سطح برگ دو و همچنین کمترین عدد کلروفیل‌متر (۳۶/۳) در تیمار بدون سوپر جاذب، بدون اسید هیومیک و دور آبیاری ده روز حاصل شد (جدول ۴).

همان طور که در جدول ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه نشان داده شده است (جدول ۵)، شاخص سطح برگ با میزان ماده خشک و عملکرد غده، در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت.



شکل ۱- تغییرات صفات اندازه‌گیری شده چغندرقند در اثر تیمارهای آزمایشی (مقادیر مربوط به هر صفت با در نظر گرفتن با سوپر جاذب، با اسید هیومیک و دور آبیاری هفت روز، به عنوان مبنای صد درصد نشان داده شده‌اند).

Fig. 1– Changes in the characteristics of sugar beet under experimental treatments(valuescorresponding to each trait have been indicated respect to with super absorbent, with acid humic and 7 days irrigation interval, as100%basis).

ماده خشک و تعداد برگ، همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد غده، عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل متر داشتند. بین عیار قند و عملکرد قند ناخالص همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت.

همچنین، همبستگی بین عملکرد قند ناخالص و عدد کلروفیل‌متر با عملکرد غده در سطح احتمال یک درصد معنی‌داربود. عملکرد قند ناخالص نیز همبستگی مثبت و معنی‌دار با عدد کلروفیل متر نشان داد (جدول ۴).

وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین عملکرد ماده خشک و شاخص سطح برگ (r =۰/۷۶**)، از یک سو و بین عملکرد ماده خشک و عملکرد قند ناخالص (r =۰/۵۴**) از سوی دیگر، بیانگر این مطلب است که هر عاملی که سبب افزایش شاخص سطح برگ شود، تولید ماده خشک و عملکرد قند ناخالص را افزایش خواهد داد. همچنین، وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین ماده خشک و عدد کلروفیل متر (r =۰/۴۹*) از یک طرف و بین عدد کلروفیل متر و عملکرد غده (r =۰/۵۸**) و عملکرد قند ناخالص (r =۰/۴۱*) از طرف دیگر، می‌تواند حاکی از اثر مثبت کاربرد اسید هیومیک در این پژوهش باشد. اسید هیومیک به واسطه تأمین برخی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌تواند سبب افزایش عدد کلروفیل متر، افزایش عملکرد ماده خشک و عملکرد غده و به دنبال آن افزایش عملکرد قند ناخالص شود. وجود رابطه مثبت و معنی‌دار بین عدد کلروفیل متر و میزان نیتروژن برگ و عملکرد ماده خشک، توسط محققان متعدد گزارش شده است (Anderson, 1993; Salehi et al., 2004; Jozefvova et al., 2003; Peng et al., 1992; Peng et al., 1999).

نتایج ارائه شده در جدول ۵ نشان می‌دهد که عملکرد قند ناخالص چغندرقند با تعدادی از متغیرهای اندازه‌گیری شده در آزمایش، همبستگی دارد. به منظور تحلیل عمیق‌تر رابطه بین عملکرد قند ناخالص به عنوان متغیر تابع (Y) و صفات مؤثر بر آن (متغیرهای مستقل، X) از روش رگرسیون چند متغیری استفاده شد. به این منظور، ابتدا کلیه متغیرهای تحت بررسی شامل شاخص سطح برگ (X_1)، ماده خشک (X_2)، تعداد برگ (X_3)، محتوای نسبی آب (X_4)، عیار قند (X_5)، عملکرد غده (X_6)، و عدد کلروفیل‌متر (X_7) در مدل رگرسیون قرار گرفت. در اولین مرحله از اجرای رگرسیون، رابطه بین عملکرد قند ناخالص (Y) و کلیه متغیرهای تحت بررسی (X_1 ... X_n) برآورد گردید.

جدول ٤- اثرات متقابل سوپرجاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری بر صفات مورد بررسی در چغندر قند

Table 4- Effects of interaction of super absorbent, humic acid and irrigation on sugar beet traits

تیمار Treatments	شاخص سطح برگ LAI	میزان ماده خشک (تن بر هکتار) Dry matter accumulation ($t.ha^{-1}$)	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	عملکرد غده (تن بر هکتار) Tuber yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	عدد کلروفیل متر SPAD reading
با سوپرجاذب×با اسیدهیومیک Super absorbent×humic acid	3.2a	5.994a	25.3a	87.0a	16.5a	23.6a	4.0a	49.5a
با سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک No super absorbent×no humic acid	3.4a	5.646a	26.7a	87.2a	17.5a	23.9a	4.6a	42.9a
بدون سوپرجاذب×با اسیدهیومیک No super absorbent×humic acid	3.6a	5.012a	20.5a	86.0a	15.1a	20.9a	2.9a	40.7a
بدون سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک No super absorbent×nohumic	2.0b	3.692a	21.0a	85.5a	16.6a	20.3a	3.8a	39.2a
با سوپرجاذب×دورآبیاری۷ روز Super absorbent×irrigation (7)	4.0a	5.973a	29.3a	86.1a	16.3a	26.9a	5.2a	46.3a
با سوپرجاذب× دور آبیاری ۱۰روز Super absorbent×irrigation(10 days)	2.8a	5.666a	22.7a	88.2a	17.7a	20.7a	4.1a	46a
بدون سوپرجاذب×دورآبیاری۷روز No Super absorbent×irrigation(7)	3.6a	4.760a	22.5a	82.4a	15.1a	22.9a	3.7a	42.0a
بدون سوپرجاذب×دورآبیاری۱۰روز No super absorbent×irrigation (10 days)	2.0a	3.491a	19a	89.1a	16.5a	18.3a	3.0a	37.9a
با اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Humic acid×irrigation(7days)	4.2a	5.376a	26.2a	84.8a	15.2a	24.9a	4.2a	45.9a
با اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Humicacid×irrigation(10 days)	2.6a	5.630a	25.7a	88.3a	16.4a	19.7a	3.4a	44.3a
بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Nohumic acid×irrigation(7 days)	3.2^{a}	4.537^{a}	22.0^{a}	83.7^{a}	16.2^{a}	24.9^{a}	4.7^{a}	42.4^{a}
بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Nohumic acid×irrigation(10 days)	2.2^{a}	4.801^{a}	19.7^{a}	89.0^{a}	17.8^{a}	19.3^{a}	3.6^{a}	39.6^{a}
با سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Super absorbent×humic acid×irrigation(7 days)	3.4^{abc}	6.044^{a}	29.7^{a}	86.8^{a}	15.8^{a}	26.6^{a}	5.1^{a}	49.9^{a}
با سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Super absorbent×Humic acid×irrigation(10 days)	3.0^{bc}	5.944^{a}	29.0^{a}	83.3^{a}	17.2^{a}	20.7^{a}	4.4^{a}	49.1^{a}
بدون سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز No super absorbent×humic acid×irrigation(7)	4.8^{a}	4.709^{a}	22.7^{a}	82.7^{a}	14.5^{a}	23.2^{a}	3.3^{a}	42.0^{ab}
بدون سوپرجاذب×با اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز No super absorbent×humic acid×irrigation(10 days)	2.2^{c}	5.315^{a}	18.3^{a}	89.3^{a}	15.6^{a}	18.7^{a}	2.5^{a}	39.5^{ab}
با سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز Super absorbent×no humic acid×irrigation(7 days)	4.4^{ab}	5.903^{a}	29.0^{a}	85.3^{a}	16.8^{a}	27.1^{a}	5.4^{a}	42.8^{ab}
با سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز Super absorbent×no humic acid×irrigation(10 days)	2.4^{c}	5.839^{a}	24.3^{a}	89.1^{a}	18.2^{a}	20.7^{a}	3.8^{a}	42.9^{ab}
بدون سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۷روز No super absorbent×no humicacid×irrigation(7)	2.2^{c}	4.212^{a}	22.3^{a}	82.1^{a}	15.7^{a}	22.7^{a}	4.1^{a}	42.1^{ab}
بدون سوپرجاذب×بدون اسیدهیومیک×دورآبیاری۱۰روز No super absorbent×no humic acid×irrigation(10 days)	2.0^{c}	8.540^{a}	19.7^{a}	89.0^{a}	17.4^{a}	17.9^{a}	3.5^{a}	36.3^{b}

* برای هر اثر متقابل و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار با یکدیگر تفاوت معنی‌دار ندارند.

* For each interaction and in each column, means followed by the same letter(s) are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on LSD test.

سپس، به منظور حذف متغیرهای دارای تأثیر جزئی بر عملکرد قند ناخالص، از تکنیک رگرسیون گام به گام استفاده گردید. نتایج این رگرسیون نشان داد که در این پژوهش، متغیرهای عملکرد غده (X_6)، عیار قند (X_5) و عدد کلروفیل متر (X_7) اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد قند ناخالص بوده‌اند (معادله ۲).

$$Y = -6.250 + (0.206 \times X_6) + (0.239 \times X_5) + (0.041 \times X_7)\ r = 0.87^{**}$$ معادله (۲)

که در آن، Y= عملکرد قند ناخالص (تن در هکتار)، X_6= عملکرد غده (تن در هکتار)، X_5= عیار قند (درصد) و X_7= عدد کلروفیل متر است.

ضرایب معادله مذکور، تأثیر نسبی تغییرات هر یک از متغیرهای موجود در مدل را بر عملکرد قند ناخالص نشان می‌دهد. برای مثال، طبق ضرایب این معادله، تغییر عملکرد قند ناخالص به ازای هر واحد تغییر عیار قند، ۰/۲۳۹ واحد بوده در حالی‌که این تغییر به ازای هر واحد افزایش یا کاهش عدد کلروفیل متر، ۰/۰۴۱ خواهد بود.

با توجه به نتایج جدول ضرایب همبستگی (جدول ۵) به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد غده به سبب افزایش در تولید و تجمع ماده خشک بوده است که خود در نتیجه افزایش سطح برگ رخ داد. همچنین به نظر می‌رسد که تجمع کلروفیل زمانی که گیاه در شرایط تنش به سر برد و محتوای آب نسبی پایین‌تری داشت سبب همبستگی منفی بین این دو صفت شد (جدول ۴) که با نتایج نونامی و متیوز (Nonami & Matthewse, 1997) همخوانی دارد.

گزارش شده است که استفاده از هیدروژل‌های سوپرجاذب در گیاه ذرت در سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب بهبود عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و اجزای عملکرد شد. هیدروژل‌های سوپرجاذب باعث بهبود تعداد ردیف در بلال فقط تحت تنش خشکی شد، در حالی‌که عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف را تحت هر دو شرایط تنش و غیر تنش بهبود بخشید (Kohestani et al., 2009). مائو و همکاران (Mao et al., 2011) با بررسی اثر کاربرد هیدروژل سوپرجاذب بر گیاه ذرت بیان داشتند که کاربرد سوپرجاذب در سطوح بالا (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) سبب افزایش معنی‌دار سطح برگ و عملکرد ماده خشک شد. آن‌ها همچنین بیان کردند که محتوای نسبی آب نیز تحت تأثیر کاربرد سوپرجاذب قرار گرفت.

نتایج آزمایشی که در آن اثر محلول‌پاشی اسیدهیومیک و نیتروژن بر گندم دوروم مورد بررسی قرارگرفت، نشان دادکه اسیدهیومیک سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه و ریشه گندم شد، همچنین عملکرد دانه، باروری سنبله و محتوای پروتئین دانه در هر دوتیمارافزایش یافت که این افزایش در محلول پاشی نیتروژن به همراه اسیدهیومیک بسیار بیشتر بود. همچنین اسیدهیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی شد (Delfine et al., 2005). بیان شده است که تنش آبی سبب افزایش درصد قند ناخالص می‌گردد. از سوی دیگر، علت افزایش درصد قند در حالت تنش، به کوچک بودن غده‌ها نسبت داده شده است (Koocheki & Soltani, 1996)

نتیجه‌گیری

چغندرقند گیاهی است که به دلیل دوره رشد طولانی، گاهی اوقات ۹-۸ ماه در زمین باقی می‌ماند و حجم زیادی از آب مصرفی کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهد. از طرفی به علت محدودیت منابع آبی و همزمانی آبیاری غلات در مراحل زایشی و رسیدگی با آبیاری مزارع چغندرقند، این محصول در اوایل فصل رشد به مدت نسبتاً طولانی با مشکل کمبود آب مواجه می‌شود. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اغلب صفات مهم چغندر قند مثل عملکرد ماده خشک عملکرد، تعداد برگ، عملکرد قند ناخالص، عیار قند و عدد کلروفیل‌متر در دور آبیاری هفت و ده روز تفاوت معنی‌دار نداشتند، لذا می‌توان گفت زمانی‌که این گیاه در معرض تنش خشکی قرار می‌گیرد استفاده از سوپر جاذب رطوبت سبب تفاوت معنی‌دار عملکرد قند ناخالص، عدد کلروفیل‌متر و شاخص سطح برگ نسبت به حالت عدم کاربرد سوپر جاذب شد، ضمن این‌که در مورد سایر صفات نیز سبب برتری چشمگیر از نظر کمی نسبت به حالت عدم کاربرد سوپر جاذب گردید. همین موضوع برای اسید هیومیک نیز صادق بود، به طوری‌که شاخص سطح برگ و عدد کلروفیل‌متر در نتیجه کاربرد اسید هیومیک نسبت به عدم کاربرد آن افزایش معنی‌دار نشان دادند. به طور کلی، کاربرد سوپرجاذب رطوبت می‌تواند رطوبت قابل دسترس برای چغندرقند را در ناحیه ریشه افزایش داده و در نتیجه سبب حفظ و ثبات تولید در شرایط نامساعد گردد.

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در چغندر قند در نتیجه کاربرد سوپر جاذب، اسید هیومیک و دور آبیاری

Table 5- Correlation coefficients **between traits in sugar beetas a result ofsuperabsorbent application, acid humic foliar application and irrigation**

متغیر Variable	شاخص سطح برگ LAI	میزان ماده خشک (تن بر هکتار) Dry matter accumulation (t.ha^{-1})	تعداد برگ Leaf number	محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	عملکرد غده (تن بر هکتار) Tuber yield (t.ha^{-1})	عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield
شاخص سطح برگ LAI							
میزان ماده خشک (تن بر هکتار) Dry matter accumulation (t.ha^{-1})	0.76**						
تعداد برگ Leaf number	0.26	0.19					
محتوای آب نسبی (درصد) RWC (%)	-0.35	-0.37	-0.08				
عیار قند (درصد) Sugar percentage (%)	-0.24	-0.02	-0.08	0.07			
عملکرد غده (تن بر هکتار) Tuber yield (t.ha^{-1})	0.54**	0.45*	0.46*	0.37	-0.01		
عملکرد قند ناخالص Gross sugar yield	0.29	0.54**	0.40*	-0.13	0.42*	0.71**	
عدد کلروفیل متر SPAD reading	0.32	0.49*	0.14	-0.22	0.39	0.58**	0.41*

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

*and ** :indicate statistically significance at 5 and 1% probability levels, respectively.

با توجه به این که استفاده بی‌رویه از کودهای نیتروژنی در زراعت چغندرقند آثار نامطلوب محیطی به همراه دارد، نتایج پژوهش حاضر حاکی از آن است که استفاده از اسید هیومیک می‌تواند علاوه بر حفظ سلامت محیط زیست، امکان افزایش تولید در این گیاه را فراهم آورد. بدیهی است که تأیید نهایی نتایج این پژوهش، نیازمند تکرار آزمایش در طول زمان است.

قدردانی

هزینه انجام این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح پژوهه به شماره ۱۸۳۵۶ مصوب ۹۰/۴/۲۲ تأمین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌شود.

منابع

Allen, R., Pereira, L.A., and Smith, M. 1998. Crop Evopotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirement. Rome: FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, Italy.

Almani, M.P., Abd-Mishani, C., and Yazdi Smadi, B. 1997. Drought resistance in sugar beet genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science 28: 15-25.

Anderson, D., Bullock, D., Johnson, G., and Taets, C. 1993. Evaluation of the Minolta SPAD-502 chlorophyll meter for on farms N management of corn in Illinois. Proceedings of the Fertilizer Conference. January 25- 27. Illinois.

Barary, M., Warwich, N.W.M., Jessop, R.S., and Taji, A.M. 2002. Osmotic adjustment and drought tolerance. In, Australian triticale 1: 135-141. 2002. Osmotic adjustment and drought tolerance, Proceeding of the 5th International Triticale Symposium. Radzikow, Poland. June 30- July 5, 2002.

Bayat, M., Rostami, G., and Haddadian, M. 2009. Large amount of water resources and watersupply projects in the state. Academic Journal of Civil Engineering 39: 26-37.

Bazuband, M. 1992. Effects of stress on thinning after the first round of quantitative and qualitative properties of sugar beet, Beet. Research Khorasan Research Report 37-38.

Campbell, R.J., Mobley, K.M., Marini, R.P., and Pfeiffer, D.G. 1990. Growing conditions alter the relationship between SPAD-502 values and apple leaf chlorophyll. Horticulture 25: 330-331.

Cole, A. 1975. Changes in leaf area and specific leaf weight of sugar beet leaves during the growing season. Crop Science 15: 882-883.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25: 183-191.

Hasanzade Daluie, M. 1994. Effect of foliar application time with humic acid on yield, component yield protein and nitrogen remobilization and dry matter of two wheat cultivars, PhD Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Islam, M., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Eneji, A., and Hu, Y. 2011a. Effects of water-saving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in oat (*Avena sativa* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 680-686.

Islam, M., Xue, X., Mao, S., Ren, C., Eneji, A., and Hu, Y. 2011b. Effects of watersaving superabsorbent polymer on antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in corn (*Zea mays* L.) under drought stress. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 813-819.

Johnson, M., and Veltkamp, C. 1985. Structure and functioning of waterstoring agricultural polyacrylamides. Journal of the Science of Food and Agriculture 36: 789-793.

Jozefvova, L., Pulkrabek, J., and Urban, J. 2003. Possibility of chlorophyll meter use for sugar beet's nitrogen fertilizing optimization. Available at http://agris.czu.cz (accessed 20 July 2009)

Kabiri, A. 2005. super absorbent, Introduction to Applied. The third workshop and seminar application of super absorbent in agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Karda, C.F. 2002. Deficit irrigation practices: Deficit irrigation shielding based on plant growth stages showing water stress tolerance Available from: http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E00.htm.

Karimi, A. 1995. Igeta effect on some physical properties of soil and plant breeding. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University. (In Persian with English Summary)

Karimi, A. 2005. Super Absorbent material effect on water use and growth of sunflower breeding. Desert 31: 19-34.

Kauser, A., and Azam, F. 1985. Effect of humic acid on wheat seeding growth. Environmental and Experimental Botany 25: 245-252.

Khorshidi, M., Rahim, B., Mirhadi, M., and Noormohammadi, G. 2002. Effects of water stress at different growth stages of potato. Iranian Journal of Crop Sciences 4(1): 59-48. (In Persian with English Summary)

Kohestani, S., Asgari, N., and Maghsudi, K. 2009. Super absorbent effect on the performance of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. Journal of Water 5: 71-78.

Koocheki, A., and Soltani, V. 1996. The Sugar Beet Crop. Mashhad: Publications of Mashhad University Jihad, Mashhad, Iran 200 pp. (In Persian)

Liu, H.P., Yu, B.J., and Zhang, W.H. 2005. Effect of osmotic stress on the activity of Ht ATPase and the levels of covalently and noncovalenty conjugated polyamines in plasma membrane preparation from wheat seedling roots. Plant Science 168: 1599-1607.

Mambelli, S., Dal Rio, M.P., Amaducci, M.T., and Venturi, G. 1997. Method of plant analysis to evaluate nitrogen status in sugar beet. Proceedings of the 60th IIRB Congress. Cambridge (UK), p. 321-326.

Mao, R., Islam, S., Xue, X., Yang, X., Zhao, X., and Hu, Y. 2011. Evaluation of a water-saving superabsorbent

polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. African Journal of Agricultural Research 6(17): 4108-4115.

Michael, K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidizwd lignites in agriculture. Soil Science 1: 25-27.

Milford, G.F.J., Pocock, T.O., and Riley, J. 1985. An analysis of leaf growth in sugar beet. II: Leaf appearance in field crops. Annals of Applied Biology 106: 163-172.

Mirzaei, M., Rezvani, M.A., and Gohari, J. 2005. Effect of water stress at different growth stages on yield and some physiological characteristics of sugar beet. Journal of Sugar Beet 21(1): 1-14.

Moosavi-Nia, M., and Atapour, A. 2005. Effect of super absorbent polymer on reducing low irrigation. The third seminar, specialized training and agricultural applications Hydrvzhlhay super catchy. The third workshop and seminar application of super absorbent in agriculture: Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Nautiyal, P.C., Rachaputi, N.R., and Joshi, Y.C. 2002. Moisture-deficit-induced changes in leaf-water content, leafcarbon exchange rate and biomass production in groundnut cultivars differing in specific leaf area. Field Crops Research 74: 67-79.

Nonami, H., and Matthewse, V. 1997. Decreased growth-induced water potential a primary cause of growth inhabitation at low water potentials. Plant Physiology 114: 501-509.

Ober, E.S., Clark, C.J.A., Lebloa, M., Royal, A., Jaggard, K.W., and Pidgeon, J.D. 2004. Assessing the genetic resources to improve drought in sugar beet. Agronomic traits of diverse genotypes under droughted and irrigated conditions. Field Crops Research 90: 213-234.

Parvizi, M., and Yazdi Samadi, B. 1993. Evaluation of different lines of sugar beet drought tolerance. Abstracts of Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. p. 15-18. Faculty of Agriculture, Tehran University, Karaj,Iran. (In Persian)

Peng, S., Garcia, F.V., Laza, R.C., and Cassman, K.G. 1992. Leaf thickness affects the estimation of leaf nitrogen concentration using a chlorophyll meter. Rice Research 17: 19-20.

Peng, S., Sanico, A.L., Garcia, F.V., and Laza, R.C. 1999. Effect of leaf phosphorus and potassium concentration on chlorophyll meter reading in rice. Plant Production Science 2: 227-231.

Prnyazpour, A., Habib, D., and Roshan, B. 2007. What is super absorbent? Journal of Agricultural and Natural Resources Engineering 4(15): 1-3.

Rahimian, M., and Asadi, J. 2000. Effects of water stress on yield and quantity and quality of sugar beet production function and its crop coefficient. Journal of Soil and Water 12(10): 57-63.

Salar, N., Farahpour, M., and Bahari, M. 2005. Effect of hydrophilic polymers on crop irrigation in melon. The third seminar, specialized training and super absorbent Iran Polymer and Petrochemical Institute.

Salehi, M., Koocheki, A., and Nasiri Mahalati, M. 2004. Nitrogen and chlorophyll content as an indicator of salt stress in wheat. Journal of Agricultural Research 2(1): 25-33.

Samavat, S., Malakuti, M., Samavat, S., and Malakooti, M. 2006. important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical Issue 463: 1-13.

Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B., and Morhinweg, D.W. 1998. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. Crop Science 28: 526-531.

Sebahattin, A., and Necdet, C. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip (*Brassica rapa* L.). Agronomy Journal 4: 130-133.

Siddique, M.R.B., Hamid, A., and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-39.

Sinclair, T.R., and Ludlow, M.M. 1985. Who thought plant thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Journal Plant Physiology 33: 312-317.

Talaee, A., and Asadzade, A. 2006. Evaluation the effect superabsorbent hydrogels on drought decreases olive trees. In: Proceedings of the 3rd Educational Course for Agricultural and Industrial Application of Superabsorbent Hydrogels. Tehran, Iran. (In Persian)

Taleghani, D., Gohari, J., Tohid loo, G., and Ruhi, A. 1999. The Final Report of Water Use Efficiency and Nitrogen Stress Conditions at Planting Sugar Beets. Sugar Beet Research Institute, Mashhad, Iran. (In Persian)

Thompson, J.A., Schweitzer, L.E., and Neison, R.L. 1996. Association of specific leaf weight, an estimate of chlorophyll and chlorophyll concentration with apparent photosynthesis in soybean. Photosynthesis Research 49: 1-10.

Tsialtas, J.T., and Maslaris, N. 2008. Sugar beet response to N fertilization as assessed by late season chlorophyll

and leaf area index measurements in a semi-arid environment. Plant Production 2(1): 57-66.

Tugnoli, V., and Bettini, G. 2000. Nitrogen fertilizers in sugar beet spring sowing: use of the SPAD optical instrument. Proceedings of the 63rd IIRB: Congress (Switzerland). p. 419-424.

Ucan, K., and Gencoglan, C. 2004. The effect of water deficit on yield and yield components of sugar beet. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28(3): 163-172.

Van Eerd, L., and Zandstra, V. 2007. Enhancing sugar beet storage quality. Interim report No. ADVO253, Agriculture of Adaptation council. University of Guelph Ridge Town Campus. Agriculture and Agri –Food Canada. p. 2-15.

Vos, J., Van der Putten, P.E.L., and Birch, C.J. 2005. Effect of nitrogen supply on leaf appearance, leaf growth, leaf nitrogen economy and photosynthetic capacity in maize (*Zea mays* L.). Field Crops Research 93: 64-73.

Winter, S.R. 1980. Suitability of sugar beet for limited irrigation in a semi-arid climate. Agronomy Journal 72: 118-123.

Winter, S.R. 1990. Sugar beet response to nitrogen as affected by seasonal irrigation. Agronomy Journal 82: 984-988.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۷۸-۷۶۷

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 767-778

ارزیابی کشت مخلوط تأخیری و مالچ کلشی بر عملکرد و اجزای عملکرد کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) و نخود (*Cicer arientinum* L.) در شرایط دیم و آبی

علی مومن[1*]، رضا قربانی[2]، مهدی نصیری محلاتی[2]، قربانعلی اسدی[3] و مهدی پارسا[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۹

چکیده

به منظور مطالعه تأثیر سیستم‌های مختلف کشت و کاربرد مالچ در کشت مخلوط تأخیری کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با نخود (*Cicer arientinum* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سیستم کشت در پنج سطح شامل کشت خالص نخود آبی، کشت خالص نخود دیم، کشت خالص کدوی پوست کاغذی، کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/ کدوی پوست کاغذی، کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/ کدوی پوست کاغذی و مالچ نخود در دو سطح با مالچ و بدون مالچ مد نظر قرار گرفتند. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن هزار دانه نخود به طور معنی‌داری ($p\leq$۰/۰۵) تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت قرار گرفتند. به طوری‌که تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه نخود تیمار کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/ کدوی پوست کاغذی نسبت به کشت خالص نخود دیم به ترتیب ۳۷ و ۲۳ درصد افزایش یافت. همچنین اثر متقابل سیستم کشت و کاربرد مالچ بر تعداد میوه، عملکرد میوه، تعداد دانه در میوه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود، به طوری که سیستم کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/ کدوی پوست کاغذی همراه با کاربرد مالچ با ۳۹۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه کدو را به خود اختصاص داد. درصد روغن دانه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. با این وجود، کاربرد مالچ باعث کاهش جزئی درصد روغن شد. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد که سیستم‌های مخلوط تأخیری بر کشت خالص برتری داشتند و سیستم کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/ کدوی پوست کاغذی بدون کاربرد مالچ بیشترین نسبت برابری زمین (۲/۳۷) را به خود اختصاص داد. به طور کلی، با توجه به تأثیر مثبت کشت مخلوط تأخیری به خصوص در شرایط دیم بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود و همچنین بهبود خصوصیات کمی گیاه دارویی کدوی پوست کاغذی، چنین می‌توان استنباط کرد که کشت مخلوط تأخیری می‌تواند به عنوان راهکاری مناسب جهت استفاده بهتر از منابع برای دستیابی به عملکرد مطلوب در راستای دستیابی به اصول کشاورزی پایدار مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری منابع، درصد روغن، کشاورزی پایدار، گیاه دارویی، نسبت برابری زمین

مقدمه[1]

در چند دهه گذشته افزایش رشد جمعیت و صنعتی شدن کشاورزی افزایش گرایش به سیستم‌های تک‌کشتی را به دنبال داشته است. استفاده از این سیستم‌ها علاوه بر افزایش عملکرد باعث وارد آمدن خسارت جبران‌ناپذیری به اکوسیستم‌های طبیعی شده است (Nourmohammadi, 2001). از طرف دیگر، با توجه به کاهش زمین برای تولید غذا و افزایش نیاز به تأمین مواد غذایی، بالا بردن تولید محصولات برای تأمین نیاز رو به افزون جمعیت جهان از اهمیت زیادی برخوردار است. بنابراین تولید در واحد سطح نیز باید افزایش یابد (Yildirim & Guvenc, 2005). از این رو دستیابی به راهکارهایی جهت افزایش عملکرد بدون وجود اثرات زیان بار بر اکوسیستم‌های کشاورزی ضروری به نظر می‌رسد.

انواع روش‌های چند کشتی مانند کشت مخلوط عبارت است از کشت دو یا چند محصول در مکان و زمان مشابه به عنوان یک مدیریت فشرده در زمان و مکان (Xin & Tong, 1986) با پیشینه

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، استاد و دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: momen.ali@stu.um.ac.ir)

طولانی در نظام‌های کشاورزی هنوز در مناطق گرمسیری و نیمه-گرمسیری کاربرد وسیعی دارد، اما در مناطق معتدل کمتر توسعه داشته، که اغلب به سیستم‌های کشاورزی کم نهاده منحصر شده است.

کشت مخلوط به عنوان یک عامل مؤثر در کشاورزی پایدار شناخته شده است (Vandermmer, 1992) که از طریق کارآیی مؤثر استفاده از آب، مواد غذایی و انرژی خورشیدی در مقایسه با تک‌کشتی می‌تواند به طور قابل توجهی تولید محصول را بالا ببرد (Midmore, 1993). در شرایط چندکشتی، منابع کشاورزی ازجمله زمین، مواد غذایی، آب و نور به طور مؤثری در زمان و مکان استفاده می‌شوند (Rodrigo et al., 2001). در حالی‌که تک‌کشتی نمی‌تواند از فضا و منابع موجود حداکثر استفاده را داشته باشد (Vandermmer, 1989). چنانچه اجزای مخلوط به درستی انتخاب شوند، کشت مخلوط باعث بهبود کارآیی استفاده از منابع و افزایش و ثبات عملکرد می‌شود. در چندکشتی زمانی که یک گیاه زراعی با لگوم‌ها کشت می‌شود تثبیت نیتروژن برای کل سیستم کشت افزایش می‌یابد. بنابراین، نیاز به کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهد (Wang et al., 2007). واهیو (Wahua, 1983) بیان کرد که در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.)، هر دو جزء در مصرف منابع محیطی مکمل یکدیگر بودند، به گونه‌ای که جذب عناصر غذایی در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بیشتر بود.

کشت تأخیری[1] یکی از روش‌های کشت مخلوط است که در آن گیاهان تابستانه‌ای مثل سویا (*Glycine max* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) داخل گیاهان زمستانه مثل گندم (*Triticum aestivum* L.) کشت می‌شود قبل از این که محصول زمستانه برداشت شود. کلمه "تأخیری" زمانی به کار می‌رود که محصول دوم داخل محصول اول و قبل از برداشت محصول اول کشت شود (El-Hawary, 2009).

از آنجا که فضای بین ردیف‌های کدوی پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در مراحل ابتدایی رشد خیلی زیاد است امکان کشت گیاه دوم در این فضا وجود دارد. علاوه بر این، با توجه به این که کدوی پوست کاغذی گیاهی گرمسیری است و به سرمای اوایل بهار حساس، در مناطق معتدل باید تاریخ کاشت آن را تا رفع سرمای بهاره به تعویق انداخت، لذا زمان نسبتاً زیادی از اواخر زمستان تا اوایل بهار در مزارع زیر کشت کدوی پوست کاغذی در دسترس است. در این بین به نظر می‌رسد که گیاهانی چون نخود (*Cicer arientinum* L.) و عدس (*Lens culinaris* Medik.) که کشت آن‌ها در اسفند ماه و به صورت دیم صورت می‌گیرند، به واسطه داشتن اختلافات مورفولوژیکی و همچنین تفاوت در تاریخ کاشت با کدوی پوست کاغذی، گیاهان مناسب برای دستیابی به کارآیی بیشتر در استفاده از زمان و مکان باشند (Khoramivafa et al., 2011).

در مناطق نیمه مرطوب عموماً مالچ کلشی جهت افزایش رطوبت در منطقه ریشه گیاهان استفاده می‌شود (Scopel et al., 2004). کاربرد مالچ باعث کاهش تبخیر از سطح خاک و افزایش رطوبت در دسترس گیاه می‌شود (Bunna et al., 2011).

از اهداف این تحقیق بررسی امکان کشت مخلوط تأخیری کدوی پوست کاغذی و نخود و مطالعه اثرات این الگوی‌های کشت روی عملکرد و اجزای عملکرد این دو گیاه و همچنین بررسی سودمندی این نوع سیستم‌های کشت در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. سیستم کشت در پنج سطح شامل: (۱) کشت خالص نخودآبی (A_1)، (۲) کشت خالص نخود دیم (A_2)، (۳) کشت خالص کدوی پوست کاغذی (A_3)، (۴) کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/ کدوی پوست کاغذی (A_4) و (۵) کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/ کدوی پوست کاغذی (A_5) بود. کاربرد بقایای نخود به عنوان مالچ (M_1) و عدم کاربرد مالچ نخود (M_2) در دو سطح به عنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند. کلیه تیمارهای کشت مخلوط به صورت افزایشی ظاهر گردید (۸۰ درصد تراکم خالص نخود به ۱۰۰ درصد تراکم خالص کدوی پوست کاغذی افزوده شد). به این صورت که کدوی پوست کاغذی در تیمارهای کشت خالص و مخلوط در سه ردیف کشت شد و نخود نیز در تیمار کشت خالص در ۱۵ ردیف و در کشت مخلوط با کدوی پوست کاغذی در ۱۲ ردیف (بین هرسه ردیف کدو هرکدام چهار ردیف نخود) کشت شد.

1-Relay intercropping

جدول ۱- خصوصیات خاک محل آزمایش
Table 1- Soil properties for field trial

بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total Nitrogen (%)	فسفر در دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم در دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)
لوم-سیلتی Loam - silty	0.079	30	172	0.35	7.4	2.4

بقایای کاه وکلش نخود در تیمارهای مربوطه به صورت دستی در بین ردیف‌های کدو به طور یکنواخت پخش شد. از این رو، با توجه به این که بقایای نخود به عنوان مالچ بعد از برداشت نخود تنها برای کدوی پوست کاغذی اعمال شد. بنابراین، داده‌های مربوط به نخود به صورت بلوک‌های کامل تصادفی آنالیز شد. قبل از انجام آزمایش نمونه‌ای جهت تعیین خصوصیات خاک محل آزمایش به آزمایشگاه منتقل شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه و خاکورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود برهم، تسطیح زمین به وسیله لولر و همچنین ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت در اوایل اسفند ماه انجام گرفت. تنظیم آرایش کرت‌ها و طراحی ردیف‌های نخود و کدوی پوست کاغذی در کشت مخلوط نیز در همین زمان صورت گرفت. به این صورت که درسیستم‌های مخلوط چهار ردیف نخود داخل پشته‌های کدو در نظر گرفته شد. کاشت نخود (تیپ دسی، ژنوتیپ MCC ۸۳) به صورت دستی و با ایجاد یک شیار بر روی پشته‌هایی (به عرض ۰/۵ متر) و قرار دادن بذرها در فاصله روی ردیف ۱۰ و عمق پنج سانتی‌متری، در ۱۷ فروردین انجام شد. سپس در مرحله چهار برگی عملیات تنک و تنظیم تراکم نخود (فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر) صورت پذیرفت. عملیات کاشت کدوی پوست کاغذی در کشت خالص و مخلوط، به صورت کپه‌ای در سه ردیف در فاصله بین و روی ردیف ۲/۵ و ۰/۵ متر در تاریخ ۱۰ خرداد انجام شد. سپس در مرحله چهار برگی اقدام به تنک و به جای گذاشتن تنها یک بوته قوی در هر محل انجام گرفت. ابعاد کرت‌ها ۸×۳ متر در نظر گرفته شد. برای بهتر سبز شدن نخودهای دیم و آبی در زمان کاشت یک بار آبیاری انجام شد و سپس آبیاری بعدی برای تیمارهای نخود آبی هر ۱۰ روز تنظیم گردید. همچنین آبیاری کدوی پوست کاغذی پس از کشت به فاصله ۱۰ روز همزمان با آبیاری نخود آبی صورت گرفت. لازم به ذکر است که در زمان کاشت نخود ۲۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (از منبع اوره) به منظور شروع رشد گیاه همراه آبیاری به زمین داده شد و همچنین در طی دوره رشد گیاه هیچ گونه علفکش، حشره‌کش و قارچکشی استفاده نشد. در طول فصل رشد کنترل علف‌های‌هرز به صورت دستی در دو نوبت انجام گرفت.

در پایان دوره رشد نخود (۲۳ تیر) از هر واحد آزمایشی سه بوته به طور تصادفی برداشت و ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. با در نظر گرفتن دو ردیف از هر طرف کرت و ۵۰ سانتی‌متر از انتهای هر واحد آزمایشی به عنوان اثر حاشیه، بوته‌های موجود در سطح چهار مترمربع با دست از سطح خاک برداشت و جهت تعیین عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه به آزمایشگاه منتقل شد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیکی تعیین شد.

برداشت میوه‌های کدو زمانی انجام شد که رنگ میوه به قرمز نارنجی تغییر و محل گلگاه خشک شده بود. صفات مورد ارزیابی شامل تعداد میوه در هکتار، تعداد دانه در میوه، وزن تک میوه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد میوه کدوی پوست کاغذی بود. مساحت نمونه‌برداری در هر برداشت هشت مترمربع در نظر گرفته شد. پس از هر بار نمونه‌برداری در طول فصل رشد، میوه‌های مربوط به هر کرت جداگانه شمارش و وزن شد. سپس دانه آن‌ها استخراج و در سایه خشک گردید. پس از خشک شدن، دانه‌های مربوط به هر تیمار جداگانه شمارش و وزن شدند. اندازه‌گیری درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه سوکسله انجام شد. جهت ارزیابی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین استفاده شد (Gliessman, 1997).

همچنین با توجه به افزودن ۸۰ درصد نخود به کدوی پوست

کاغذی در کشت مخلوط، برای محاسبه نسبت برابری زمین جزئی نخود از ضریب تصحیح (۱۲/۱۵) استفاده شد.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 و برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مورد ارزیابی نخود

ارتفاع بوته: تأثیر سیستم‌های مختلف کشت بر ارتفاع بوته نخود معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). البته این اختلاف معنی‌دار فقط در مورد کشت خالص نخود دیم و کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/کدوی پوست کاغذی در مقایسه با کشت خالص نخود آبی و کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به ترتیب برابر با ۳۲/۸ و ۲۳/۷ سانتی‌متر از تیمارهای کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی و کشت خالص نخود دیم به دست آمد. مقایسه بین سیستم‌های مخلوط و خالص در شرایط دیم و آبی نخود نشان داد که با وجود عدم اختلاف معنی‌دار بین این سیستم‌ها، کشت مخلوط مخصوصاً در شرایط دیم تأثیر مثبتی بر ارتفاع نهایی بوته داشت که دلیل این امر را می‌توان به استفاده بهتر بوته‌های نخود که در مرحله گلدهی قرار داشتند از آبیاری‌های انجام شده به منظور سبز شدن کدو پوست کاغذی نسبت داد. دوگان و همکاران (Dogan et al., 2012) نیز در مطالعه‌ای همبستگی بالای رطوبت در دسترس گیاه و ارتفاع بوته نخود را گزارش کردند. ظریف‌پور (Zarifpour, 2011) در مطالعه خود روی کشت مخلوط زیره سبز و نخود به نتایج مشابهی دست یافت.

تعداد غلاف در بوته: سیستم‌های کشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته نخود نشان دادند ($p\leq$۰/۰۵)، به طوری که سیستم‌های A_4 و A_5 به ترتیب باعث افزایش ۱۱ و ۳۷ درصدی تعداد غلاف نخود نسبت به سیستم‌های A_1 و A_2 شدند (جدول ۲). نتایج مطالعات مختلف نشان داده است که تعداد غلاف به عنوان یکی از اجزا عملکرد نخود، بیشترین تأثیر را در پاسخ به عوامل محیطی از جمله دما و رطوبت از خود نشان می‌دهد (Golldani & Rezvani Eradatmand Asli & Mehrpanah, Moghadam, 2005 ;2009). کمبود آب و سایه‌اندازی باعث ریزش ۸۰ تا ۹۰ درصد گل‌های تشکیل شده در نخود می‌شود (Eradatmand Asli & Mehrpanah, 2009). بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که وجود ردیف‌های طراحی شده کدوی پوست کاغذی، به منظور کشت تأخیری در داخل ردیف‌های نخود، باعث فراهم کردن رطوبت و کاهش رقابت درون گونه‌ای به ویژه رقابت بر سر نور در ردیف‌های کناری نخود در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص شده و از این طریق باعث افزایش تعداد غلاف شده است. حدیدی و همکاران (Hadidi et al., 2011) در مطالعه‌ای بر روی کشت مخلوط چند سبزی تابستانه چنین گزارش کردند که کشت مخلوط لوبیا و کدو تنبل (*Cucurbita maxima* var. XPh 1517) باعث افزایش عملکرد لوبیا بین ۱۵ تا ۴۸ درصد شد که بیشترین عملکرد از آرایش ۲:۱ و ۱:۱ به دست آمد. آن‌ها چنین استنباط کردند که ردیف‌های کدو فضای بازتری را در اختیار لوبیا قرار می‌دهد و از این طریق نور بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و همین عامل باعث افزایش رشد و عملکرد لوبیا شده است.

تعداد دانه در غلاف: سیستم‌های کشت اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد دانه در غلاف نخود نشان ندادند. با این وجود، بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف به ترتیب با ۱/۶۶ و ۱/۵۱ از سیستم A_5 و A_4 به دست آمد. یکی از با ثبات‌ترین اجزاء عملکرد در حبوبات تعداد دانه در غلاف است، زیرا تعداد سلول‌های تخم در همه تخمدان‌ها تقریباً برابر می‌باشد (Eradatmand Asli & Mehrpanah, 2009). پورامیر دشت‌میان (Pouramir Dashtmian, 2009) در آزمایش بر روی کشت مخلوط نخود و کنجد گزارش کرد که تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نگرفت.

وزن هزار دانه: سیستم‌های کشت به طور معنی‌داری وزن هزار دانه نخود را تحت تأثیر قرار دادند ($p\leq$۰/۰۵). به طوری که کشت مخلوط تأخیری نخود آبی و کدوی پوست کاغذی (A_4) و کشت خالص نخود دیم (A_2) به ترتیب با ۲۷ و ۲۲/۹ گرم بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را نشان دادند (جدول ۲). گان و همکاران (Gan et al., 2003) در مطالعه‌ای روی نخود همبستگی مثبت بین طول دوره زایشی گیاه و وزن هزار دانه و همچنین همبستگی منفی بین طول دوره‌ی رویش و وزن هزار دانه را گزارش کردند. آن‌ها همچنین بیان داشتند که فراهم بودن رطوبت مناسب از زمان گلدهی تا رسیدگی، باعث افزایش طول دوره‌ی پر شدن دانه شده و از این طریق باعث بهبود وزن هزار دانه نخود می‌شود.

عملکرد دانه: اثر سیستم‌های کشت بر عملکرد دانه نخود معنی‌دار

بود (p≤۰/۰۱). با این وجود سیستم کشت A_4 با ۳۹۸ کیلوگرم در هکتار و سیستم کاشت A_2 با ۲۵۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۲). مقایسه سیستم‌های کشت A_4 با A_1 و A_5 با A_2 نشان داد که کشت مخلوط به ترتیب باعث بهبود ۵ و ۲۳ درصدی عملکرد دانه شد. خرمی‌وفا و همکاران (Khoramivafa et al., 2011) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط کدوی پوست کاغذی و نخود گزارش کردند که کشت مخلوط باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نخود نسبت به کشت خالص نخود شد. گان و همکاران (Gan et al., 2003) در مطالعه‌ای به منظور بررسی رابطه عملکرد با اجزاء عملکرد در دو تیپ نخود (دسی و کابلی) اظهار داشتند که عملکرد دانه هر دو تیپ دسی و کابلی همبستگی مثبتی با تعداد غلاف در متر مربع و وزن هزار دانه داشت، اما این همبستگی با طول دوره رویشی گیاه منفی بود. آن‌ها همچنین گزارش کردند که تعداد غلاف در واحد سطح مؤثرترین جزء بر عملکرد دانه در بین سایر اجزاء عملکرد است. بنابراین، با توجه به نتایج این آزمایش مشاهده شد که تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف به عنوان صفات مهم و تعیین کننده در عملکرد دانه، به وسیله کشت مخلوط به ویژه در شرایط دیم بهبود یافته بنابراین چنین به نظر می‌رسد از این طریق باعث افزایش عملکرد کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص شده است.

عملکرد بیولوژیک: نتایج آزمایش نشان داد که تأثیر سیستم‌های کشت مورد مطالعه بر عملکرد بیولوژیک نخود معنی‌دار بود (p≤۰/۰۵). به طوری که سیستم‌های A_4 و A_2 به ترتیب با ۱۸۸۵ و ۱۲۰۷ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را نشان دادند (جدول ۲). همچنین نتایج نشان داد که علی رغم نبود اختلاف معنی‌دار بین عملکرد بیولوژیک سیستم‌های کشت مخلوط (A_4 و A_5) در مقایسه با کشت خالص (A_1 و A_2)، این سیستم‌ها باعث افزایش جزئی عملکرد بیولوژیک شدند. چنین به نظر می‌رسد که افزایش جزئی عملکرد بیولوژیک کشت مخلوط، در اثر رشد رویشی و زایشی بیشتر ردیف‌های کناری نخود باشد. لی و همکاران (Li et al., 2001) در آزمایشی روی کشت مخلوط نواری گندم و سویا و گندم و ذرت گزارش کردند که کشت مخلوط باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد که سهم ردیف‌های کناری در افزایش بیوماس دو سوم و سهم ردیف‌های داخلی یک سوم بود.

شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از نظر شاخص برداشت بین سیستم‌های کشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. با این وجود، سیستم کشت A_4 و A_1 به ترتیب با ۲۱/۵ و ۲۰/۸ درصد بیشترین و کمترین شاخص برداشت را نشان دادند.

صفات مورد ارزیابی کدوی پوست کاغذی

تعداد میوه در هکتار: سیستم‌های کشت و کاربرد مالچ تأثیر معنی‌داری (p≤۰/۰۵) بر تعداد میوه کدوی پوست کاغذی داشت. به طوری که سیستم‌های کشت A_4 و A_5 به ترتیب باعث بهبود ۲۷ و ۲۰ درصدی تعداد میوه شدند که تنها سیستم کشت A_4 اختلاف معنی‌داری را با کشت خالص کدو (A_3) نشان داد (جدول ۳).

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گیاه نخود تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت

Table 2- Mean comparison of chickpea characteristics under different cropping systems

عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	تعداد غلاف (تعداد در بوته) Pod number ($No.plant^{-1}$)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تیمارها Treatments
1830.5^{a}	380.62^{a}	25.35^{ab}	30.89^{a}	32.00^{a}*	A_1
1206.7^{b}	254.29^{c}	22.88^{b}	19.83^{b}	23.72^{b}	A_2
1885.2^{a}	397.98^{a}	26.96^{a}	34.28^{a}	32.83^{a}	A_4
1547.8^{ab}	312.25^{b}	23.94^{ab}	27.33^{a}	26.83^{b}	A_5

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different (p≤0.05) based on Duncan multiple range test.

A_1، A_2، A_4 و A_5: به ترتیب نشان‌دهنده کشت خالص نخود آبی، کشت خالص نخود دیم، کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی و کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/کدوی پوست کاغذی

A_1, A_2, A_4 and A_5: are monoculture of irrigated chickpea, monoculture of rainfed chickpea, relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin and relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin, respectively.

همچنین استفاده از بقایای نخود به عنوان مالچ باعث بهبود ۱۶ درصدی تعداد میوه در هکتار شد (جدول ۴). اثر متقابل سیستم‌های کشت و کاربرد مالچ بر تعداد میوه کدوی پوست کاغذی معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). به طوری که به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد میوه در هکتار با ۱۱۰۸۳ و ۷۷۵۰ از سیستم A_4 همراه با کاربرد مالچ و کشت خالص کدوی پوست کاغذی (A_3) بدون استفاده از مالچ به دست آمد (جدول ۵). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که اثر متقابل سیستم‌های کشت و کاربرد مالچ به ترتیب باعث افزایش ۴۳ و ۳۸ درصدی تعداد میوه سیستم‌های A_4 و A_5 همراه با استفاده از مالچ نسبت به کشت خالص کدو (A_3) بدون استفاده از مالچ شدند. مطالعات نشان داده است که در تیره کدوئیان به ویژه کدوی پوست کاغذی ابتدا یک میوه تشکیل می‌شود و رشد آن به عنوان مقصد فیزیولوژیک قوی برای مواد فتوسنتزی عمل می‌کند و بنابراین کمبود مواد غذایی به ویژه نیتروژن سبب کاهش و یا مانع تشکیل میوه‌های دیگر می‌گردد (Rylski, 1974; Gholipoori et al., 2007). اشمیتیک و همکاران (Schmidtke et al., 2004) در مطالعه‌ای مزیت عملکرد در کشت مخلوط عدس و جو را به سرعت رشد بالای جو در مراحل اولیه رشد در کشت مخلوط و همچنین تثبیت بیولوژیک نیتروژن در عدس و افزایش نیتروژن در دسترس در ادامه مراحل رشد دو گیاه نسبت دادند. ارتک و همکاران (Ertek et al., 2004) نیز افزایش تعداد میوه کدوی پوست کاغذی را با افزایش رطوبت گزارش کردند. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2007) افزایش طول ریشه‌های اولیه کدوی پوست کاغذی را تحت تأثیر دور آبیاری گزارش کردند. آن‌ها بیان داشتند که فاصله آبیاری هفت روز در مقایسه با فواصل ۱۴ و ۲۱ روز باعث افزایش معنی‌دار طول ریشه‌های اولیه کدوی پوست کاغذی شد. افزایش طول ریشه‌های گیاه به هر دلیل باعث افزایش جذب آب و عناصر غذایی و رشد بیشتر گیاه می‌شود. بنابراین، چنین می‌توان استنباط کرد که کشت مخلوط از طریق تعادل و هماهنگی بین رطوبت و بهبود تغذیه گیاه به وسیله نیتروژن تثبیت شده توسط نخود و همچنین جلوگیری از کاهش عناصر غذایی خاک در اثر رشد علف‌های هرز، باعث افزایش تعداد میوه در مقایسه با کشت خالص کدوی پوست کاغذی شده است.

وزن تک میوه: اثر ساده و متقابل کلیه تیمارهای آزمایشی بر متوسط وزن میوه کدوی پوست کاغذی معنی‌دار نبود. با این وجود سیستم کشت A_3 بدون استفاده از مالچ با ۱/۴ کیلوگرم بیشترین وزن میوه و سیستم A_5 به همراه استفاده از مالچ با ۱/۳ کیلوگرم کمترین وزن میوه را نشان دادند. با توجه به مزیت سیستم‌های مخلوط و کاربرد مالچ در افزایش تعداد میوه (جدول ۴)، چنین به نظر می‌رسد که مواد فتوسنتزی انتقال یافته در تعداد میوه بیشتری توزیع شده و از این طریق وزن میوه کاهش یافته است.

تعداد دانه در میوه: اثرات ساده سیستم‌های کشت و کاربرد مالچ بر تعداد دانه در میوه کدوی پوست کاغذی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد، ولی اثر متقابل سیستم‌های کشت در کاربرد مالچ بر تعداد دانه در میوه کدوپوست کاغذی معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). به طوری‌که تنها سیستم کشت A_5 به همراه استفاده از مالچ با بیشترین تعداد دانه (۳۲۴ دانه) در مقایسه با سیستم A_3 بدون استفاده از مالچ با (۲۸۴ دانه) تعداد دانه، اختلاف معنی‌داری را نشان داد، ولی بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۵). تنش خشکی طی رشد و نمو گیاه موجب کاهش شاخص سطح برگ، میزان کلروفیل، هدایت روزنه‌ای و اختلال در فعالیت بسیاری از آنزیم‌ها می‌شود، که به دنبال چنین تغییراتی میزان فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه کاهش می‌یابد. بنابراین، در ادامه نمو گیاه، میوه، دانه و وزن هزار دانه کمتری ایجاد می‌شود (Aghaee & Ehsanzadeh, 2012). قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2007) افزایش تعداد دانه در میوه کدوی پوست کاغذی را با افزایش رطوبت در دسترس گزارش کردند. از این رو، تعداد دانه در میوه نیز به واسطه مزایای کشت مخلوط در استفاده مؤثر از منابع و مزایای کاربرد مالچ در حفظ مناسب رطوبت طی فاصله دو آبیاری نسبت به کشت خالص کدو بدون استفاده از مالچ، بهبود یافت.

عملکرد میوه: عملکرد میوه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر کاربرد مالچ قرار نگرفت. با این حال، مقدار آن در سیستم‌های مختلف کشت تفاوت معنی‌داری داشت ($p\leq$۰/۰۵). به طوری که سیستم‌های کشت A_4 و A_5 به ترتیب باعث افزایش ۲۹ و ۱۹ درصدی عملکرد میوه در مقایسه با کشت خالص کدو (A_3) شدند، اما فقط سیستم A_4 اختلاف آماری معنی‌داری را از نظر این صفت نشان داد (جدول ۳). حدیدی و همکاران (Hadidi et al., 2011) در آزمایشی بیشترین عملکرد میوه کدو تنبل با (۱۳/۴۴ تن در هکتار) از آرایش ۱:۲ کشت مخلوط کدو تنبل با لوبیا گزارش کردند. همچنین اظهار داشتند که

تمامی آرایش‌های مخلوط باعث افزایش عملکرد میوه شد که دلیل این امر را به افزایش کارآیی استفاده از منابع در واحد سطح به وسیله گونه‌های موجود در کشت مخلوط نسبت دادند. اثر متقابل سیستم‌های کاشت در مالچ بر عملکرد میوه کدوی پوست کاغذی معنی‌داری بود. به طوری که تنها سیستم‌های A_4 و A_5 به همراه استفاده از مالچ بیشترین عملکرد را به ترتیب با ۱۴/۸ و ۱۳/۷ تن در هکتار در مقایسه با سیستم A_3 بدون استفاده از مالچ با ۱۰ تن در هکتار اختلاف معنی‌داری را نشان داد ولی بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار، مشاهده نشد (جدول ۵). همان طور که انتظار می‌رود، با افزایش تعداد میوه‌های کدو در تیمارهای کشت مخلوط به همراه کاربرد مالچ، عملکرد میوه در کدوی پوست کاغذی نیز افزایش می‌یابد. افزایش تعداد میوه یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد کدو محسوب می‌شود (Ertek et al., 2004). در مطالعه‌ای مشاهده شد که افزایش میزان کود نیتروژن از یک حد بهینه باعث کاهش تشکیل میوه در کدوی پوست کاغذی می‌شود به طوری‌که کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن باعث تولید بیشترین عملکرد میوه شد، ولی کاربرد سطوح بالای نیتروژن (۲۲۵ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش رشد رویشی بوته‌ها شد و هیچ میوه‌ای در این بوته‌ها تشکیل نشد (Arouiee et al., 2000). جهان و همکاران (Jahan et al., 2007) در بررسی سطوح مختلف کود دامی بر عملکرد میوه کدوی پوست کاغذی، گزارش کردند که با کاربرد ۲۰ تن در هکتار کود دامی بیشترین عملکرد میوه حاصل شد. آن‌ها روند افزایشی عملکرد کدو تا ۲۰ تن در هکتار کود دامی را مربوط به بهبود خواص فیزیکی خاک و ذخیره رطوبت توسط کود دامی نسبت دادند. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2007) روی کدوی پوست کاغذی مشاهده کردند که افزایش سطح کود نیتروژن از صفر تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی‌دار وزن تر میوه، وزن هزار دانه، عملکرد میوه و دانه گردید. نامبردگان چنین اظهار داشتند که افزایش کود نیتروژن همزمان با افزایش شدت نور باعث افزایش دسترسی به مواد فتوسنتزی شده، در نتیجه باعث افزایش تعداد و اندازه سلول‌های میوه می‌شود.

وزن هزار دانه: اثر ساده کاربرد مالچ و اثر متقابل سیستم‌های کشت در کاربرد مالچ از نظر وزن هزار دانه کدوی پوست کاغذی اختلاف معنی‌داری را نشان دادند ($p\leq ۰/۰۵$)، ولی اثر ساده سیستم‌های کشت بر این صفت معنی‌دار نبود. با این وجود، استفاده از مالچ باعث بهبود ۱۲ درصدی وزن هزار دانه کدو شد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل سیستم‌های کشت در مالچ نشان داد که، بیشترین (۱۴۸ گرم) و کمترین (۱۲۰ گرم) وزن هزار دانه به ترتیب از سیستم A_5 به همراه مالچ و سیستم A_3 بدون استفاده از مالچ به دست آمد که اختلاف معنی‌داری را از این نظر نشان دادند (جدول ۵). در مطالعه‌ای بر روی کدوی پوست کاغذی، افزایش میزان نیتروژن و رطوبت، وزن هزار دانه کدو را افزایش داد (Aghaee & Ehsanzadeh, 2012). بابایی و همکاران (Babayee et al., 2012) افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه کدوی پوست کاغذی را با کاهش دور آبیاری گزارش کردند.

عملکرد دانه: عملکرد دانه کدو اختلاف معنی‌داری را از نظر اثر ساده سیستم‌های کشت نشان نداد، در حالی که اثر ساده کاربرد مالچ و اثر متقابل سیستم‌های کشت در کاربرد مالچ بر عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی معنی‌دار بود ($p\leq ۰/۰۵$). بررسی اثر ساده کاربرد مالچ نخود نشان داد که استفاده از مالچ باعث بهبود ۱۰ درصدی عملکرد دانه کدو شد (جدول ۴). همچنین نتایج بررسی اثر متقابل سیستم‌های کشت در کاربرد مالچ نشان داد که سیستم A_4 همراه با کاربرد مالچ با ۴۸۹ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد و سیستم A_3 بدون استفاده از مالچ با ۳۸۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد را نشان دادند (جدول ۵). مهمترین عامل محدودکننده عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی تعداد میوه در واحد سطح است (Nerson, 2005). تغییرات عملکرد دانه کدوی پوست کاغذی در ارتباط با مصرف کود به طور عمده ناشی از تعداد میوه در هکتار است (Jahan et al., 2007). شباهنگ و همکاران (Shabahang et al., 2010) همبستگی مثبت و معنی‌دار بین تعداد میوه و عملکرد دانه گزارش کردند. بنابراین، با توجه به افزایش وزن هزار دانه و به خصوص افزایش تعداد میوه کدو در سیستم‌های مخلوط به همراه مالچ و همچنین رابطه مثبت این صفات با عملکرد دانه، می‌توان افزایش عملکرد دانه را به افزایش در این صفات نسبت داد.

درصد روغن دانه: اثر ساده و متقابل کلیه تیمارهای آزمایشی بر درصد روغن دانه کدوی پوست کاغذی معنی‌دار نبود. با این وجود، بیشترین و کمترین درصد روغن به ترتیب با ۳۴/۸ و ۳۱/۹ درصد از از سیستم A_4 و A_5 بدون استفاده از مالچ به دست آمد (شکل ۱).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گیاه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر سیستم‌های مختلف کشت

Table 3- Mean comparison of Styrian pumpkin characteristics under different cropping systems

تیمارها Treatments	تعداد میوه (تعداد در هکتار) Number of fruit ($No.ha^{-1}$)	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Fruit yield ($kg.ha^{-1}$)
A_3	8125^{b}*	10.60^{b}
A_4	10291.7^{a}	13.67^{a}
A_5	9750^{ab}	12.65^{ab}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

A_3، A_4 و A_5: به ترتیب نشان‌دهنده کشت خالص کدوی پوست کاغذی، کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی و کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/کدوی پوست کاغذی

A_3, A_4 and A_5: are monoculture of Styrian pumpkin, relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin and relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی گیاه کدوی پوست کاغذی تحت تأثیر کاربرد مالچ

Table 4- Mean comparison of Styrian pumpkin characteristics under different mulch application

تیمارها Treatments	تعداد میوه (تعداد در هکتار) Number of fruit ($No.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
M_1	10083.3^{a}*	139.43^{a}	457.08^{a}
M_2	8694.4^{b}	125.10^{b}	414.25^{b}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

M_1 و M_2: به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد مالچ نخود و عدم کاربرد مالچ

M_1 and M_2: are with and without mulch application, respectively.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل سیستم‌های کاشت و کاربرد مالچ بر صفات مورد ارزیابی کدوی پوست کاغذی

Table 5- Mean comparisons of interaction effect between cropping systems and mulch application on studied traits of Styrian pumpkin

تیمارها Treatments	تعداد میوه (تعداد در هکتار) Number of fruit ($No.ha^{-1}$)	تعداد دانه (تعداد در میوه) Number of seed ($No.fruit^{-1}$)	عملکرد میوه (کیلوگرم در هکتار) Fruit yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)
A_3M_1	8500^{ab}*	294.33^{ab}	11.13^{b}	133.60^{ab}	427.50^{ab}
A_3M_2	7750^{b}	283.67^{b}	10.08^{b}	119.70^{b}	386.50^{b}
A_4M_1	11083^{a}	317.67^{ab}	14.80^{a}	136.97^{ab}	489.17^{a}
A_4M_2	9500^{ab}	300.33^{ab}	12.54^{ab}	128.53^{b}	420.00^{ab}
A_5M_1	10667^{a}	324.00^{a}	13.67^{ab}	147.73^{a}	454.58^{ab}
A_5M_2	8833^{ab}	307.67^{ab}	11.63^{ab}	127.07^{b}	436.25^{ab}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with at least one similar letter in each column, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

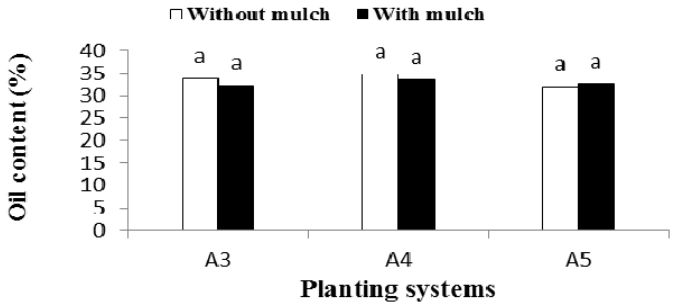
A_3، A_4 و A_5: به ترتیب نشان‌دهنده کشت خالص کدوی پوست کاغذی، کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی و کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/کدوی پوست کاغذی و M_1 و M_2: به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد مالچ نخود و عدم کاربرد مالچ

A_3, A_4 and A_5: are monoculture of Styrian pumpkin, relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin and relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin and M_1, M_2: are with and without mulch application chickpea, respectively.

مقایسه کاربرد و عدم کاربرد بقایای نخود به عنوان مالچ در سیستم‌های مختلف کشت نشان داد که اختلاف جزئی در این شرایط به وجود آمد و استفاده از مالچ در سیستم A_3 و A_4 به ترتیب باعث کاهش ۵ و ۴ درصدی درصد روغن دانه شد. چنین به نظر می‌رسد که

در شرایط عدم استفاده از مالچ در مقایسه با کاربرد مالچ، گیاه بیشتر با تنش رطوبتی مواجه شده در نتیجه روغن به عنوان متابولیت ثانویه در گیاه بیشتر تولید شده است. نتایج برخی مطالعات روی کدوی پوست کاغذی نشان داده است که کود دامی زیاد به علت خاصیت نگهداری رطوبت بیشتر باعث کاهش برخورد گیاه با تنش رطوبتی شده در نتیجه روغن به عنوان متابولیت ثانویه در آن کمتر از زمانی که گیاه کود آلی کمتری در یافت کرده بود، تولید شد (Jahan et al., 2007). در حالی‌که آقایی و احسانزاده (Aghaee & Ehsanzadeh, 2012) کاهش غیرمعنی‌دار درصد روغن کدوپوست کاغذی را با تشدید تنش کم‌آبی گزارش کردند. آن‌ها همچنین غیرمعنی‌دار شدن این صفت تحت تیمارهای مختلف را به وراثت‌پذیری بالا و تأثیرپذیری کم این صفت نسبت به شرایط محیطی نسبت دادند. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2007) نیز دور آبیاری هفت روز را دارای بیشترین درصد و عملکرد روغن کدوی پوست کاغذی در مقایسه با دور ۱۴ و ۲۱ روز گزارش کردند و افزایش عملکرد روغن را نتیجه افزایش عملکرد دانه در این دور آبیاری دانستند.

نسبت برابری زمین: سودمندی در کشت مخلوط سری‌های جایگزینی در LER>۱ و در کشت مخلوط سری‌های افزایشی در LER>۲ مشاهده می‌شود. بر اساس نتایج این آزمایش، سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به انواع تک کشتی از نظر مصرف منابع، به نحو مطلوب‌تری از زمین استفاده کرده‌اند و در نهایت، عملکرد بیشتری حاصل نموده‌اند (LER>۲). به طوری که در میان سیستم‌های مختلف کشت مخلوط تأخیری، سیستم A_5 با LER= ۲/۲۵ بالاترین نسبت برابری زمین را نشان داد. همچنین در بررسی اثر متقابل سیستم کشت در مالچ مشاهده شد که سیستم A_5 بدون استفاده مالچ با LER معادل ۲/۳۷ بالاترین نسبت برابری زمین را در میان انواع کشت مخلوط تأخیری نشان داد (شکل ۲). نسبت برابری زمین، ارزیابی صحیحی از کارایی استفاده از منابع بیولوژیک نظیر تشعشع، عناصر غذایی و بارندگی در چندکشتی است (Ghosh et al., 2006). به علت تفاوت‌های زمانی و مکانی در صفات رشد و گونه‌های مختلف زراعی، گیاهان در چند کشتی می‌توانند نسبت به تک‌کشتی، عناصر غذایی را به نحو بهتری از خاک جذب کنند (Zheng et al., 2003). افزایش راندمان مصرف عناصر غذایی در چند کشتی در مقایسه با تک‌کشتی ممکن است از این طریق قابل توصیف باشد که دو گونه در چندکشتی دقیقاً برای منابع غذایی یکسان رقابت نمی‌کنند و بنابراین حالت تکمیل‌کنندگی را افزایش می‌دهند (Hauggaard-Nielsen et al., 2001). در مطالعه‌ای روی کشت مخلوط تأخیری گندم و پنبه گزارش شد که همه آرایش‌های کشت مخلوط باعث افزایش نسبت برابری زمین شدند که در این میان آرایش‌های (۱:۳، ۲:۳ و ۲:۴) بالاترین نسبت برابری زمین (LER=۱/۳۹) را نشان دادند که در مقایسه با آرایش (۲:۶) با (LER=۱/۲۸) اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (Zhang et al., 2007).



شکل ۱- اثر متقابل سیستم‌های کشت و مالچ نخود بر درصد روغن دانه کدوی پوست کاغذی

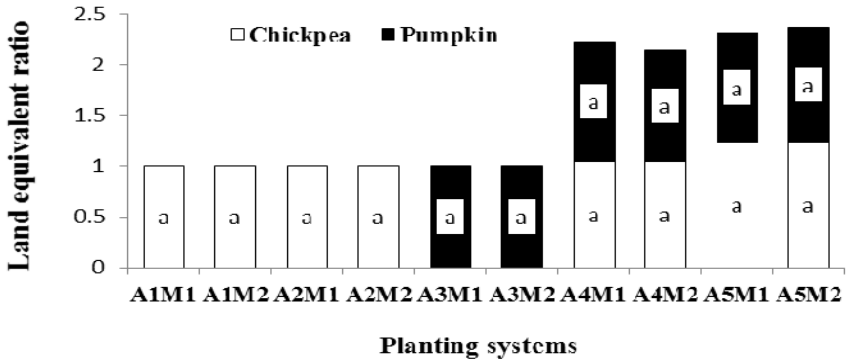
Fig. 1- Interaction effect between cropping systems and mulch application on oil content of Styrian pumpkin

A_3، A_4 و A_5: به ترتیب نشان‌دهنده کشت خالص کدوی پوست کاغذی، کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی و کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/کدوی پوست کاغذی و M_1، M_2: به ترتیب نشان‌دهنده کاربرد مالچ نخود و عدم کاربرد مالچ

A_3, A_4 and A_5: are monoculture of Styrian pumpkin, relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin and relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin and M_1, M_2: are with and without mulch application, respectively.

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with at least one similar letter, are not significantly different ($p \leq 0.05$) based on Duncan multiple range test.



شکل ۲- اثر متقابل سیستم‌های کشت و مالچ نخود بر نسبت برابری زمین

Fig. 2- Interaction effects between cropping systems and mulch chickpea on land equivalent ratio

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

* Means with at least one similar letter, are not significantly different ($p\leq0.05$) based on Duncan multiple range test.

A_1، A_2، A_3، A_4 و A_5: به ترتیب‌نشان دهنده کشت خالص نخود آبی، کشت خالص نخود دیم، کشت خالص کدوی پوست کاغذی، کشت مخلوط تأخیری نخود آبی/کدوی پوست کاغذی و کشت مخلوط تأخیری نخود دیم/کدوی پوست کاغذی و M_1، M_2: به ترتیب‌نشان دهنده با و بدون مالچ نخود

A_1, A_2, A_3, A_4 and A_5: are monoculture of irrigated chickpea, monoculture of rainfed chickpea, monoculture of Styrian pumpkin, relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin and relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin and M_1, M_2: are with and without mulch chickpea

خرمی‌وفا و همکاران (Khoramivafa et al., 2011) در آزمایشی روی کشت مخلوط کدوی پوست کاغذی با نخود و عدس در سطوح مختلف کود نیتروژن گزارش کردند که بالاترین مقدار LER از کشت مخلوط کدوی پوست کاغذی با عدس با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن (LER=۲/۲۰) به دست آمد.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که سیستم‌های کشت مخلوط تأخیری از طریق استفاده بهینه از زمان و منابع از جمله زمین و آب، باعث افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد دو گیاه کدوی پوست کاغذی و نخود شدند، به طوری که تمامی سیستم‌های مخلوط باعث افزایش بهره‌وری از زمین شدند (LER>۲). بنابراین کشت مخلوط تأخیری نخود/کدوی پوست کاغذی و همچنین استفاده از بقایای نخود به عنوان مالچ جهت نگهداری مناسب رطوبت طی فاصله دو آبیاری مخصوصاً در شرایط محدودیت آب می‌تواند راهکاری مناسب در راستای نیل به کشاورزی کم‌نهاده باشد.

منابع

Aghaei, A., and Ehsanzadeh, P. 2012. Effect of water deficit stress and nitrogen on yield and some physiological parameters of oilseed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Iranian Journal of Horticultural Science 42(3): 291-299. (In Persian with English Summary)

Arouiee, H., Omid Beigi, R., and Kashi, A. 2000. Study of the effect of different rates of nitrogen fertilizers on some characteristics of pumpkin. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 13(48): 4-9. (In Persian with English Summary)

Babayee, S.A., Daneshian, J., Baghdadi, H., and Yousefi, Y. 2012. Effect of plant density and irrigation interval on agronomical traits of *Cucurbita pepo* L. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 2: 258-261.

Bunna, S., Sinath, P., Makara, O., Mitchell, J., and Fukai, S. 2011. Effects of straw mulch on mungbean yield in rice fields with strongly compacted soils. Field Crops Research 124: 295-301.

Ciftci, V., Toay, N., Toay, Y., and Doan, Y. 2004. Determining relationships among yield and some yield component using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arientinum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 3: 632-

635.

Dogan, E., Kahraman, A., Bucak, B., Kirnak, H., and Guldur, M.E. 2012. Varying irrigation rates effect on yield and yield components of chickpea. Irrigation Science 1-7.

El-Hawary, N.A. 2009. Formulas for relay intercropping and crop sequence systems evaluation. Journal of Applied Sciences Research 5: 2074-2082.

Eradatmand Asli, D., and Mehrpanah, H. 2009. Pulse Crops Production and Nitrogen Fixation. Islamic Azad University of Saveh Publication, Markazi, Iran. 289 pp. (In Persian)

Ertek, A., Şensoy, S., Küçükyumuk, C., and Gedik, İ. 2004. Irrigation frequency and amount affect yield components of summer squash (*Cucurbita pepo* L.). Agricultural Water Management 67: 63-76.

Gan, Y.T., Liu, P.H., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2003. Interrelationships among yield components of chickpea in semiarid environments. Canadian Journal of Plant Science 83: 759-767.

Ghanbari, A., Nadjafi, F., and Shabahang, J. 2007. Effects of irrigation regimes and row arrangement on yield, yield components and seed quality of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Asian Journal of Plant Sciences 6: 1072-1079.

Gholipoori, A., Javanshir, A., Rahim Zadeh Khoie, F., Mohammadi, A., and Biat, H. 2007. The effect of different nitrogen level and purnning of head on yield and yield component of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(2): 32-41.

Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay, Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98: 1097-1108.

Goldani, M., and Rezvani Moghadam, P. 2005. Effects of different drought levels and planting date on yield and yield components of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 2(2): 229-239. (In Persian with English Summary)

Güler, M., Sait Adak, M., and Ulukan, H. 2001. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 14: 161-166.

Hadidi, N., Sharaiha, R., and Al-Debel, H. 2011. Effect of intercropping on the performance of some summer vegetable crops grown under different row arrangements. Lucrări Ştiinţifice Seria Agronomie 54:11-17.

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research 70: 101-109.

Jahan, M., Koocheki, A., Nassiri, M., and Dehghanipoor, F. 2007. The effects of different manure levels and two branch management methods on organic production of *Cucurbita pepo*. Iranian Journal of Field Crops Research 5(2): 281-289. (In Persian with English Summary)

Khoramivafa, M., Eftekharinasab, N., Nemati, A., Sayadian, K., and Najafi, A. 2011. Economic evaluation of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. var. Styriac)/ chickpea-lentil intercropping system associated with several nitrogen level. Journal of Daneshvar Agronomy Sciences 3(5): 53-62.

Li, L., Sun, J., Zhang, F., Li, X., Yang, S., and Rengel, Z. 2001. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. Field Crops Research 71: 123-137.

Midmore, D.J. 1993. Agronomic modification of resource use and intercrop productivity. Field crops research. 34: 357-380.

Nerson, H. 2005. Effects of fruit shape and plant density on seed yield and quality of squash. Scientia Horticulturae 105: 293-304.

Nourmohammadi, G.H., Siadat, A., and Kashani, A. 2001. Agronomy. Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran. 446 pp. (In Persian)

Pouramir Dashtmian, F. 2009. Evaluating of the effect of different planting combinations in the replacement and additive series multiple cropping on yield and yield components if sesame and chickpea. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Rodrigo, V.H.L., Stirling, C.M., Teklehaimanot, Z., and Nugawela, A. 2001. Intercropping with banana to improve fractional interception and radiation-use efficiency of immature rubber plantations. Field Crops Research 69: 237-249.

Rylski, I. 1974. Effects of season on parthenocarpic and fertilized summer squash (*Cucumis pepo* L.). Experimental Agriculture 10: 39-44.

Schmidtke, K., Neumann, A., Hof, C., and Rauber, R. 2004. Soil and atmospheric nitrogen uptake by lentil (*Lens culinaris* Medik.) and barley (*Hordeum vulgare* ssp. nudum L.) as monocrops and intercrops. Field Crops Research 87:

245-256.

Scopel, E., Da Silva, F.A.M., Corbeels, M., Affholder, F., and Maraux, F. 2004. Modelling crop residue mulching effects on water use and production of maize under semi-arid and humid tropical conditions. Agronomie 24: 383-395.

Shabahang, J., Khorramdel, S., Asadi, G.A., Mirabi, E., and Nemati, H. 2010. The effects of intra and inter-row spaces and planting pattern on the yield components, seed and oil yield of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). Journal of Agroecology 2(3): 417-427. (In Persian with English Summary)

Singh, V., and Shing, F. 1989. Selection criteria for yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Indian Journal of Agricultural Sciences 59: 32-35.

Vandermeer, J. 1989. The Ecology of intercropping. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Vandermmer, J. 1992. The Ecology of Intercropping. Great Britain at the University Press, Cambridge.

Wahua, T.A. 1983. Nutrient uptake by intercropped maize and bean and concept of nutrient supplementation index (NSI). Experimental Agriculture 19: 263-275.

Wang, D., Marschner, P., Solaiman, Z., and Rengel, Z. 2007. Growth, P uptake and rhizosphere properties of intercropped wheat and chickpea in soil amended with iron phosphate or phytate. Soil Biology and Biochemistry 39: 249-256.

Xin, N.Q., and Tong, P.Y. 1986. Multiple cropping system and its development orientation in China (a review). Scientia Agricultura Sinica 4: 88-92.

Yildirim, E., and Guvenc, I. 2005. Intercropping based on cauliflower: more productive, profitable and highly sustainable. European Journal of Agronomy 22: 11-18.

Zarifpour, N. 2011. Assessment of cumin (*Cuminum cyminum*) and chickpea (*Cicer arietinum*) intercropping indices in additional replacement experiments. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Zhang, L., van der Werf, W., Zhang, S., Li, B., and Spiertz, J.H.J. 2007. Growth, yield and quality of wheat and cotton in relay strip intercropping systems. Field Crops Research 103: 178-188.

Zheng, Y., Zhang, F., and Li, L. 2003. Iron availability as affected by soil moisture in intercropped peanut and maize. Journal of Plant Nutrition 26: 2425-2437.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۸۷-۷۷۹

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 779-787

بررسی امکان بهبود رشد ریشه دو رقم عدس(*Lens culinaris* L.) با استفاده از همزیستی میکوریزایی و *آزوسپریلیوم* تحت شرایط دیم

صادق ملکی[۱]، فیاض آقایاری[۲*]، محمدرضا اردکانی[۳] و فرهاد رجالی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۰۸

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی امکان بهبود رشد ریشه گیاه عدس (*Lens culinaris* L.) با استفاده از همزیستی میکوریزایی و همیاری باکتری *آزوسپریلیوم* تحت شرایط دیم انجام گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل سه عاملی با استفاده از عامل‌های قارچ میکوریزا (عدم مصرف میکوریزا، مصرف گونه *Glomus intraradices* و مصرف گونه *Glomus mosseae*)، باکتری *آزوسپریلیوم* (عدم مصرف باکتری و مصرف باکتری *Azospirillum brasilense*) و ارقام عدس (رقم دانه درشت مشهدی و رقم دانه ریز ناز) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و چهار تکرار در شهرستان خلخال (مزرعه شخصی) در سال ۱۳۹۱ به اجرا در آمد. نتایج نشان داد اثر میکوریزا بر صفات وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار می‌باشد. بیشترین وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی در مصرف میکوریزا *Glomus mosseae* حاصل گردید. همچنین اثرآزوسپریلیوم بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و بر روی صفات دیگر معنی‌دار نگردید. بین ارقام مختلف عدس تفاوت معنی‌داری در صفات مورد مطالعه ریشه وجود نداشت. همچنین در بررسی اثرات متقابل معلوم گردید که اثر متقابل *آزوسپریلیوم* و ارقام عدس بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۵٪ ، اثر متقابل میکوریزا و ارقام عدس بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۱٪ و اثرات متقابل سه‌گانه *آزوسپریلیوم*، میکوریزا و ارقام عدس بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین‌ها مبین آن بود که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه مربوط به تیمار مصرف *Azospirillum*، مصرف میکوریزا *Glomus mosseae* و رقم ناز (۴۶/۱۹٪) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: باکتری، قارچ، کلونیزاسیون، کودهای آلی

مقدمه

در حال حاضر رشد سریع جمعیت جهانی و نیاز روزافزون به غذا و دیگر نیازمندی‌هایی که از راه کشاورزی حاصل می‌شود، منجر به افزایش بهره‌برداری از خاک شده و پیامد آن عدم فرصت کافی به خاک جهت ترمیم و بازسازی و درنتیجه کاهش کمی و کیفی حاصلخیزی خاک و ناهنجاری‌های زیست‌محیطی می‌باشد. در طی چند دهه گذشته مصرف کودهای آلی و بیولوژیک تنزل داشته ولی مشکلات ناشی از این کاهش و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و پیامدهای پر خطر آن‌ها، استفاده مجدد از کودهای بیولوژیک را مطرح نموده است (Al-Karaki et al., 2004).کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. کودهای زیستی حاوی مواد نگهدارنده‌ای با جمعیت متراکم یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا به صورت فراورده متابولیک این موجودات می‌باشند که به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و عرضه مناسب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در یک سیستم کشاورزی پایدار به کار می‌روند (Safir, 1987). مدیریت مصرف کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان می‌باشد و در این بین شناسایی کودهای بیولوژیک سازگار با طبیعت و مناسب برای رشد و نمو گیاهان می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های کمی و کیفی محصول داشته باشد. از جمله این کودهای بیولوژیک، قارچ‌های

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استادیار، استاد و استادیار گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: Aghayari_ir@yahoo.com)

میکوریزا و باکتری‌های آزوسپریلیوم هستند. یکی از راه‌های دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار، استفاده از میکروارگانیسم‌هایی است که نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی گیاهان دارند. گرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد، ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد. استفاده از کودهای بیولوژیک علاوه بر تأثیرات مثبتی که بر کلیه خواص خاک دارند، بر جنبه‌های اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی نیز مفید و موثر می‌باشد (Astaraei & Koochaki, 1995). قارچ‌های میکوریزایی دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مثل فسفر و برخی عناصر کم مصرف، افزایش جذب آب، بهبود ساختمان خاک، کاهش تأثیر منفی تنش‌های محیطی و افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، سبب بهبود در رشد و عملکرد گیاهان میزبان در سیستم‌های کشاورزی پایدار می‌شوند (Azcon & Atrash, 1997; Cox & Tinker, 1976; Ojala & Jarrell, 1983; Annaduraia et al., 2002; Sharma, 2002). با توجه به تحقیقات انجام شده علاوه بر فسفر، نیتروژن نیز جزء عناصری است که گیاهان میکوریزایی جذب آن را بالا برده‌اند (Hamel, 1991). هیف‌های گیاهان میکوریزایی این توانایی را دارند که نیتروژن خاک را جذب و به ریشه گیاهان منتقل کنند (George et al., 1995). باکتری‌های جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* از مهم‌ترین باکتری‌های محرک رشد گیاه هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن، با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد، به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکسین رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Zahir et al., 2004). باکتری *آزوسپریلیوم* که قابلیت همزیستی با ریشه غلات را دارند، ضمن تثبیت بیولوژیک نیتروژن در بسیاری از گیاهان باعث افزایش تقسیم سلولی در ریشه، تغییر مورفولوژی ریشه و افزایش تارهای کشنده می‌گردد (Bashan & Dubrovsky, 1996; Chalk, 1991; Kennedy & Smith, 1995). از ویژگی‌های مفید باکتری *آزوسپریلیوم* می‌توان به تثبیت نیتروژن، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه و در نتیجه بهبود جذب آب و عناصر غذایی و افزایش حلالیت فسفات‌های نامحلول اشاره کرد (Seshadri et al., 2000). عدس (*Lens culinaris* Medik.) از جمله مهم‌ترین حبوبات در سطح دنیاست و به عنوان یک محصول زراعی مهم در مناطق نیمه خشک مدیترانه‌ای، جنوب آسیا، شبه قاره هند و آمریکای جنوبی و ایران کشت می‌گردد. بذر این گیاه به عنوان منبع با ارزشی از پروتئین (۲۰ تا ۳۶ درصد) نقش حیاتی در تغذیه مردم به ویژه کشورهای در حال توسعه دارد. همچنین این گیاهبا تثبیت نیتروژن حاصلخیزی خاک را بهبود می بخشد، لذا می‌تواند به عنوان یک گیاه مناسب جهت تناوب با غلات کشت گردد (Christos, 1993). گیاهان دارای همزیستی میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی آب را از خاک سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه می‌سازند و باعث می‌شود تا پتانسیل آب خاک کاهش بیشتری پیدا کند، زیرا در گیاهان میکوریزایی معمولاً اندام هوایی گیاه توسعه بیشتری پیدا کرده، سطح برگ‌ها افزایش یافته و این خود باعث افزایش نیاز تعرقی گیاهان میکوریزایی می‌شود. از طرف دیگر سیستم ریشه‌ای در گیاهان میکوریزایی توسعه بیشتری یافته و بیشتر از ریشه گیاهان غیرمیکوریزایی منشعب می‌شود. همگی این عوامل باعث می‌شود که ریشه‌های میکوریزایی سطح تماس بیشتری با خاک پیدا کرده و بدین صورت سریع‌تر آب را از خاک جذب نماید (Gao et al., 2001). الکراکی و همکاران (AL-Karaki et al., 1997) بیان داشتند که گیاهان میکوریزایی به ازای تولید هر واحد ماده خشک آب کمتری مصرف می‌کنند. به عبارت دیگر، کارآیی مصرف آب بالاتری دارند. تأکید این محققین بر این است که کارآیی مصرف آب در گیاهان میکوریزاییدر شرایط تنش خشکی محسوس‌تر است. پانوار (Panwar, 1993) اثر تلقیح با قارچ‌های میکوریزایی وزیکولارآربوسکولار (Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza)(VAM) و *آزوسپریلیوم* را بر روی وضعیت آب و عملکرد دانه گندم در شرایط تنش آبی مورد بررسی قرار دادند. تلقیح مرکب سبب افزایش محتوی نسبی آب برگ، سطح برگ و غلظت کلروفیل شد. همچنین بیوماس و عملکرد دانه در شرایط تنش آبی در تیمار تلقیح مرکب بیشتر از سایر تیمارها و کمترین عملکرد دانه در تیمار شاهد (بدون تلقیح) حاصل گردید. گوپتا و همکاران (Gupta et al., 2002) گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع (*Mentha piperita* L.) با قارچ میکوریزای VAM به طور قابل ملاحظه‌ای عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داد. همچنین در پژوهشی که توسط سوبرامانیان و همکاران (Subramanian et al., 2006) بر روی گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) انجام گرفت، مشخص گردید که همزیستی ریشه گوجه‌فرنگی با یک گونه از میکوریزا، باعث افزایش معنی‌دار تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید.

مطالعات انجام شده در خصوص کاربرد کودهای بیولوژیک بیشتر در مورد غلات و گیاهان علفی بوده است و در مورد حبوبات به خصوص عدس و آن هم در شرایط دیم تحقیقات بسیار اندک می باشد. در دیمکاری دسترسی گیاهان به آب خیلی کم است، لذا از کودهای بیولوژیک بخصوص قارچ میکوریزا و باکتری آزوسپریلیوم که باعث افزایش سطح جذب ریشه گیاهان شده و آب را از اعماق پایین‌تر برای گیاه جذب می‌کند، می‌توان استفاده کرد. هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان بهبود رشد ریشه گیاه عدس با استفاده از همزیستی میکوریزایی و همیاری *آزوسپریلیوم* تحت شرایط دیم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه شخصی در شهرستان خلخال با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۷۹۶ متر از سطح دریا به در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا درآمد. میانگین بارش سالیانه ۳۷۰ میلی‌متر می‌باشد، اما مقدار بارندگی در سال زراعی مورد مطالعه ۲۳۰ میلی‌متر طبق آمار هواشناسی سینوپتیک شهرستان خلخال ثبت گردید. قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به عمل آمد (جدول ۱). پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل سه عاملی شامل عامل تلقیح با قارچ میکوریزا (M) در سه سطح (M_0: عدم مصرف میکوریزا، M_1: مصرف گونه *گلوموس اینترارادیس* (*Glomus intraradices*) با جمعیت 10^5 اسپور در هر گرم و M_2: مصرف گونه *گلوموس موسه* (*Glomus mosseae*) با جمعیت 10^5 اسپور در هر گرم)، عامل باکتری *آزوسپریلیوم* (A) در دو سطح (A_0: عدم مصرف باکتری و A_1: مصرف باکتری *آزوسپریلیوم برازیلنس* (*Azospirillum brasilense*) با جمعیت 10^8 باکتری فعال در هر گرم $\frac{cfu}{g}10^8$) و عامل رقم عدس (L) در دو سطح شامل دو رقم محلی (L_1: دانه درشت مشهدی و L_2: دانه ریز ناز) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. بذر عدس مورد استفاده در این تحقیق، از مرکز جهاد کشاورزی شهرستان خلخال فراهم گردید.

با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، عملیات تهیه زمین در فروردین-ماه سال ۱۳۹۱ و با مساعد شدن شرایط آب و هوایی انجام گردید. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف کاشت با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر بود. فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شد. کاشت عدس در ۱۵ اردیبهشت ماه و پس از اینکه بخشی از بذرهای مورد نیاز با مایع تلقیح باکتری تلقیح شدند (یک لیتر با یک کیلوگرم بذر)، انجام گرفت. همچنین در هنگام کاشت در تیمارهای مربوط به مصرف قارچ میکوریزا، به میزان هر صد متر مربع یک کیلوگرم قارچ در زیر بذر قرار گرفت. لازم به ذکر است در این تحقیق به غیر از عامل‌های قارچ میکوریزا و باکتری *آزوسپریلیوم*، از هیچ کود دیگری استفاده نگردید. عملیات مبارزه با علف‌های هرز مزرعه به روش مکانیکی و به صورت دستی صورت گرفت. در این تحقیق صفات وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی مورد بررسی قرار گرفت. در مرحله شروع دانه-بندی ۲۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب شد و برای مطالعات ریشه استفاده گردید. برای تعیین وزن خشک ریشه، قسمت ریشه هر بوته جدا شده و با آب مقطر شستشو داده شد. سپس در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

جدول ۱- نتایج آزمون خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and Chemical properties of the soil in the experiment site

عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture	رس (درصد) Clay (%)	سلیت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) K (ppm)	نیتروژن (قسمت در میلیون) N (ppm)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
0-30	0.5	8.1	رس Clay	41	22	37	9.45	318	0.16	1.5

به منظور اندازه‌گیری درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها با میکوریزا، همزمان با برداشت بوته‌ها در مرحله دانه‌بندی از ریشه‌های آن‌ها به ویژه ریشه‌های مویین و نازک نمونه‌برداری به عمل آمد. سپس ریشه-ها به دقت با آب مقطر شستشو شده و از محلول FAA[1] برای تثبیت ریشه‌ها استفاده گردید. مراحل رنگ‌بری ریشه‌ها و سپس رنگ‌آمیزی آن‌ها طبق روش فیلیپس و هیمن (Philips & Hayman, 1970) صورت گرفت. ابتدا برای بی‌رنگ‌کردن ریشه‌ها از محلول ۱۰ درصد KOH به مدت سه ساعت استفاده شد و بعد نمونه‌ها با آب مقطر به خوبی شستشو شدند. برای رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از محلول حاوی ۰/۰۵ درصد تریپان بلو در لاکتوگلیسرول استفاده گردید. به منظور تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه عدس، از روش خطوط متقاطع[2] (Gridline Intersect Method) استفاده شد (Giovannetti & Mosse, 1980). بدین صورت که در مورد هر تیمار، ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شدند و به همراه محلول رنگ‌بر لاکتوگلیسرول روی پلیت شیشه‌ای قرار داده شدند. سپس قطعات ریشه از نظر وجود اندام‌های قارچی در محل تلاقی خطوط افقی و عمودی کاغذ شطرنجی مورد استفاده قرار گرفت و نتایج به صورت درصد بیان شد. پس از محاسبه درصد کلونیزاسیون ریشه، وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی از طریق حاصل ضرب وزن خشک ریشه در درصد کلونیزاسیون ریشه تعیین گردید. جهت تجزیه و تحلیل نتایج آزمایش ازنرم‌افزار آماری Mstat-C استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس بیان‌گر آن بود که تأثیر عامل میکوریزا در سطح یک درصد بر وزن خشک ریشه معنی‌دار گردید، اما اثر دو عامل اصلی دیگر و اثرات متقابل میان عوامل تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه نداشتند (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد مصرف میکوریزا باعث افزایش وزن خشک ریشه گیاه شده است، به طوری‌که بیشترین وزن خشک ریشه مربوط به مصرف میکوریزا گونه *Glomus mosseae* با مقدار ۴/۷۶ گرم بر متر مربع و کمترین مقدار به عدم مصرف میکوریزا با مقدار ۳/۶۷ گرم بر متر مربع می‌باشد که نشان‌دهنده کارآیی مصرف میکوریزا در تجمع ماده خشک در ریشه گیاهان همزیست می‌باشد (جدول ۳). میکوریزا فاصله انتشار عناصر غذایی به ریشه گیاه را کاهش داده و سطح جذب را افزایش می دهد (Rhodes & Gerdemann, 1980). می‌توان استنباط کرد که همزیستی میکوریزایی از طریق افزایش سطح جذب و تغذیه مناسب باعث بهبود رشد ریشه گیاه و افزایش وزن خشک ریشه می‌گردد.

درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مبین آن بود که اثر عوامل اصلی میکوریزا و *آزوسپریلیوم* و نیز اثر متقابل دو عامل میکوریزا و ارقام عدس در سطح یک درصد و همچنین اثر متقابل عوامل *آزوسپریلیوم* و ارقام عدس و نیز اثر متقابل هر سه عامل با هم در سطح پنج درصد بر درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین سطوح مختلف میکوریزا تفاوت قابل‌توجهی وجود دارد به طوری که کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح عدم مصرف میکوریزا (۳/۲۴ ٪) و بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح مصرف میکوریزا *Glomus mosseae* (۴۴/۵۶ ٪) در حدود ۱۱/۱ درصد بیشتر از مصرف میکوریزا *Glomus intraradices* (۴۰/۱٪) به دست آمد (جدول ۳). می‌توان استنباط کرد که مصرف میکوریزا، شرایط مناسبی را برای بهبود درصد همزیستی ریشه در عدس فراهم می‌آورد. در همین رابطه کاپور و همکاران (Kapoor et al., 2004) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. آن‌ها مشاهده نمودند که درصد کلونیزاسیون ریشه رازیانه در تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزایی *Glomus fasiculatum* (۸۴٪) و *Glomus macrocarpum* (۸۰٪) به طرز چشمگیری بیشتر از تیمار عدم تلقیح (۱۰٪) گردید. نتایج تحقیقات راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) و آریاگادا و همکاران (Arriagada et al., 2007) نیز موید این مطلب است. مقایسه میانگین‌ها بیان‌گر آن بود که بین سطوح مصرف *آزوسپریلیوم* اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح مصرف *آزوسپریلیوم* (۳۰/۳۰٪) درحدود ۲/۴ درصد بیشتر از عدم مصرف *آزوسپریلیوم* (۲۹/۵۹٪)

1- Formalin Acetic Acid Alcohol
2- Gridline Intersect Method

گردید (جدول۳). استنباط می‌شود وجود *آزوسپریلیوم* از طریق تحریک رشد ریشه عدس، موجب بهبود درصد همزیستی ریشه با میکوریزا می‌گردد. جنوا و همکاران (Geneva et al., 2006) در تحقیقات خود نشان دادند که مصرف میکوریزا و *آزوسپریلیوم* در محیط کشت نخود سبب بهبود همزیستی ریشه با میکوریزا و افزایش فعالیت تثبیت نیتروژن می‌شود. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل میکوریزا و ارقام عدس دارای اختلاف معنی‌داری بود، به نحوی که درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمارهای دارای عدم مصرف میکوریزا (به ترتیب ۳/۲۸ ٪ و ۳/۲۱٪ در رقم مشهدی و ناز)، در تیمارهای مصرف میکوریزا *Glomus intraradices* (به ترتیب ۴۰/۱۵ ٪ و ۴۰/۰۵٪) و در تیمارهای مصرف میکوریزا *Glomus mosseae* (به ترتیب ۴۳/۱۲٪ و ۴۵/۳۶٪) بود (شکل ۱). این اثر معنی‌دار در تیمار مصرف میکوریزا *Glomus mosseae* و رقم ناز (۴۵/۳۶٪) در مقایسه با تیمار عدم مصرف میکوریزا بیشتر بارز بود. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آزوسپریلیوم و ارقام عدس نیز دارای اختلاف معنی‌داری بود به نحوی که درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار مصرف *آزوسپریلیوم* و رقم ناز (۳۰/۶۵٪) بیشترین و در تیمار عدم مصرف *آزوسپریلیوم* و رقم ناز (۲۹/۳۱٪) کمترین مقدار به دست آمد (شکل ۲). مقایسه میانگین‌های اثر متقابل هر سه عامل نیز اختلاف معنی‌داری را نشان داد و مشاهده گردید که با کاربرد توأم سطوح مختلفی از سه عامل، در برخی از تیمارها بر درصد کلونیزاسیون ریشه افزوده شد، به نحوی که درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمار مصرف میکوریزا *Glomus mosseae*، مصرف *Azospirillum* و رقم ناز (۴۶/۱۹٪) برتری بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت (شکل ۳). استنباط می‌شود که مصرف توأم برخی از مقادیر هر سه عامل سبب بروز یک اثر تشدید کننده بر همزیستی میکوریزایی با ریشه گیاه میزبان می‌شود و متعاقب آن درصد کلونیزاسیون ریشه بهبود می‌یابد. نتایج مطالعات برخی محققین نظیر عمر (Omar, 1998)، هازاریکا و همکاران (Hazarika et al., 2002) و راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) نیز موید یک رابطه افزایشی بین کودهای زیستی بر درصد همزیستی ریشه می‌باشد.

جدول ۲- تجزیه واریانس وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

Table 2- Analysis of variance (ANOVA) for root dry weight, percentage of root colonization and Mycorrhizal root dry weight

میانگین تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)		
		وزن خشک ریشه Root dry weight	درصد کلونیزاسیون ریشه Percentage of root colonization	وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی Mycorrhizal root dry weight
تکرار Replication	3	0.061	0.420	0.072
میکوریزا (M) Mycorrhiza (M)	2	6.088^{**}	725.352^{**}	0.113^{**}
آزوسپریلیوم (A) Azospirillum (A)	1	0.000^{ns}	6.978^{**}	0.001^{ns}
رقم عدس (L) Lentil Cultivar (L)	1	0.033^{ns}	0.006^{ns}	0.202^{ns}
A×M	2	0.010^{ns}	0.008^{ns}	0.011^{ns}
M×L	2	0.150^{ns}	6.850^{**}	0.018^{ns}
A×L	1	0.125^{ns}	3.983^{*}	0.202^{ns}
A×M×L	2	0.034^{ns}	2.865^{*}	0.211^{ns}
خطا Error	33	0.064	0.567	0.087

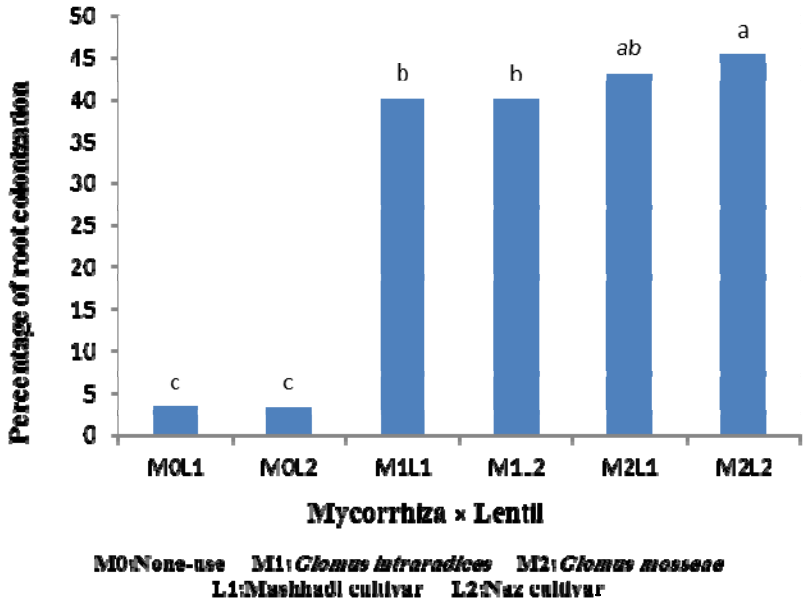
ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد و یک درصد

*and **: significantly at $p < 0.05$ and < 0.01, respectively; ns = non-significant

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی میکوریزا، *آزوسپریلیوم* و ارقام عدس بر روی وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

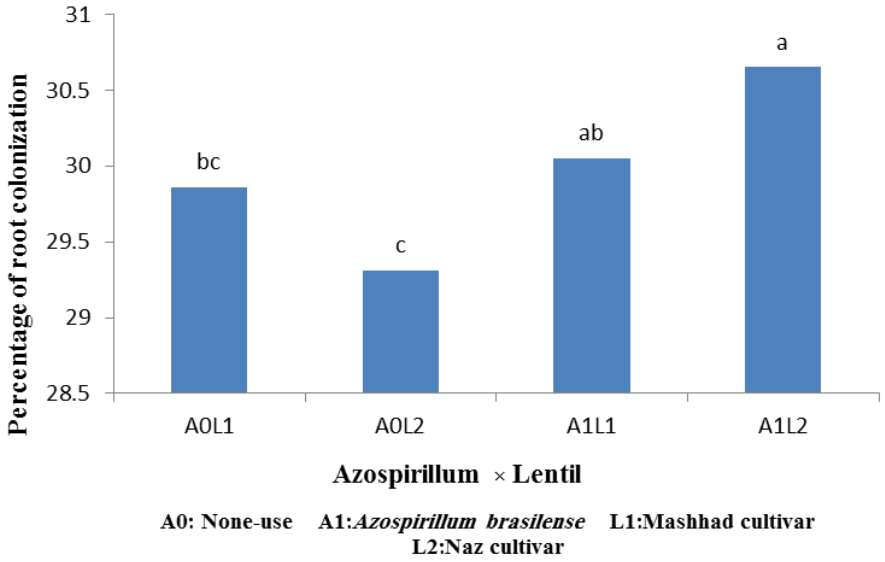
Table 3- Mean comparison of the main effects of Mycorrhiza, Azospirillum and Lentil cultivars on root dry weight, percentage of root colonization and Mycorrhizal root dry weight

تیمارها Treatments		میانگین (Mean) وزن خشک ریشه (گرم بر مترمربع) Root dry weight $g.m^{-2}$	درصد کلونیزاسیون ریشه Percentage of root colonization	وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی (گرم بر مترمربع) Mycorrhizal root dry weight $g.m^{-2}$
میکوریزا Mycorrhiza	بدون مصرف (M_0) None-use (M_0)	3.67^{b}	3.24^{c}	0.12^{b}
	گلوموس اینترارادیس (M_1) *Glomus intraradices* (M_1)	4.72^{a}	40.10^{b}	1.88^{a}
	گلوموس موسه (M_2) *Glomus mosseae* (M_2)	4.76^{a}	44.56^{a}	2.09^{a}
آزوسپریلیوم *Azospirillum*	بدون مصرف (A_0) None- use (A_0)	4.38^{a}	29.59^{b}	1.29^{a}
	تلقیح *آزوسپریلیوم برازیلنس* (A_1) *Azospirillum brasilense* (A_1)	4.39^{a}	30.30^{a}	1.33^{a}
رقم عدس Lentil cultivar	مشهدی (L_1) Mashhadi (L_1)	4.36^{a}	29.96^{a}	1.30^{a}
	ناز (L_2) Naz (L_2)	4.41^{a}	29.98^{a}	1.32^{a}



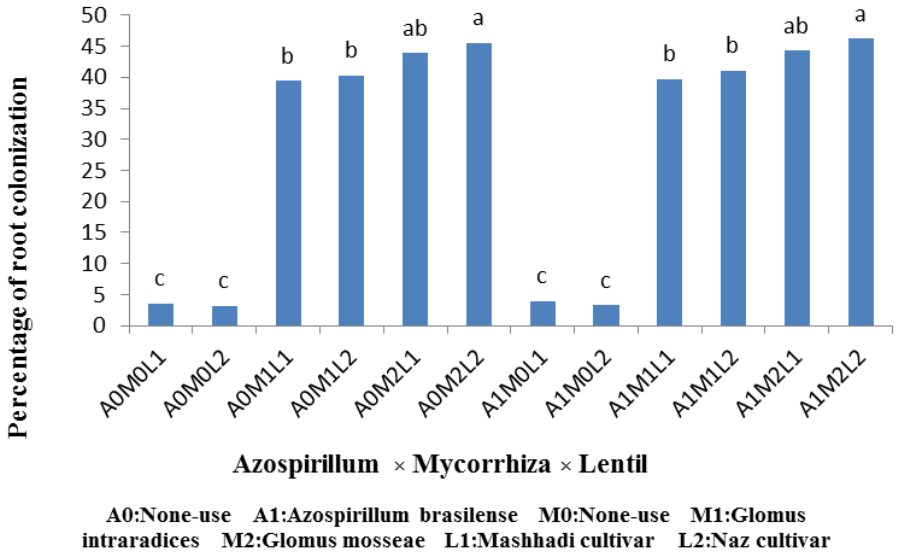
شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریزا در ارقام عدس بر روی درصد کلونیزاسیون ریشه

Fig. 1- Mean comparison of Mycorrhiza × Lentil cultivars interaction on percentage of root colonization



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل *آزوسپریلیوم* در ارقام عدس بر روی درصد کلونیزاسیون ریشه

Fig. 2- Mean comparison of Azospirillum × Lentil cultivars interaction on percentage of root colonization



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل *آزوسپریلیوم* در میکوریزا در ارقام عدس بر روی درصد کلونیزاسیون ریشه

Fig. 3- Mean comparison of Azospirillum × Mycorrhiza × Lentil cultivars interaction on percentage of root colonization

وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس گویای آن بود که تأثیر عامل میکوریزا در سطح یک درصد بر وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی معنی‌دار می‌باشد، اما اثرات عوامل مختلف دیگر تأثیر معنی‌داری بر آن نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد بیشترین وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی مربوط به مصرف میکوریزا گونه *Glomus mosseae* با مقدار ۲/۰۹ گرم بر متر مربع و کمترین مربوط به سطح عدم مصرف میکوریزا با مقدار ۰/۱۲ گرم بر متر مربع به دست آمد (جدول۳). ریشه‌های میکوریزایی تراکم بیشتری نسبت به ریشه گیاهان غیر میکوریزایی دارند. همچنین در این گیاهان هیف-

های خارج ریشه‌ای قارچ می‌تواند تا فاصله ۱۲۰ سانتیمتری از ریشه نفوذ نماید. حضور شبکه میسلیوم‌های قارچی در اطراف ریشه باعث می‌شود که حجم بیشتری از خاک را کنکاش نموده و فسفر و عناصر غذایی را در فاصله دورتر از ریشه جذب و به اندام هوایی منتقل نماید. حضور هیف‌های خارج ریشه در گیاهان میکوریزایی سبب افزایش سطح جذب ریشه به مقدار ۹۸/۳ درصد می‌شود (Rousseau & Reid, 1991).

نتیجه‌گیری

مصرف میکوریزا باعث بهبود وزن خشک ریشه، درصد کلونیزاسیون ریشه و وزن خشک ریشه‌های میکوریزایی در گیاه عدس گردید. همچنین کاربرد *آزوسپریلیوم* باعث افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه شد.کاربرد توأمان میکوریزا و *آزوسپریلیوم* باعث هم‌افزایی و افزایش همزیستی ریشه گیاه عدس گردید. با توجه به این‌که رشد ریشه گیاه عدس از طریق مصرف کودهای آلی مورد مطالعه در شرایط دیم و تنش خشکی بهبود پیدا کرده است، لذا انتظار می‌رود با بهبود رشد ریشه عدس عملکرد محصول نیز افزایش پیدا کند که البته بایستی در یک تحقیق جداگانه‌ای آن را مورد مطالعه قرار داد. برای بررسی دقیق‌تر می‌توان این تحقیق را در مناطق دیگر و در شرایط مختلف آب و هوایی انجام داد.

منابع

Al-Karaki, G., McMichael, B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to *arbuscular mycorrhizal* fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

AL-Karaki, G.N., and Al-Raddad, A. 1997. Effects of *arbuscular mycorrhizal* fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza 7: 83-88.

Annaduraia, G., Juang, R.S., and Lee, D.J. 2002. Microbiological degradation of phenol using mixed Liquors of pseudomonas putida and activated sludge. Waste Management 22: 703-710.

Arriagada, C.A., Herrena, M.A., and Ocampo, J.A. 2007. Beneficial effect of saprobe and *arbuscular mycorrhizal* fungi on growth of *Eucalyptus globules* co-cultured with Glycine max in soil contaminated with heavy metals. Journal of Environmental Management 84: 93-99.

Astaraei, A., and Koochaki, A. 1995. Application of Biological Fertilizers in Sustainable Agriculture, Mashhad University, Iran 250 pp. (In Persian)

Azcon, R.E., and Atrash, F. 1997. Influence of *arbuscular mycorrhizae* and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N2 fixation (N15) in *Medicago sativa* at four salinity levels. Biology and Fertility of Soils 24: 81-86.

Bashan, Y., and Dubrovsky, J.G. 1996. *Azosprillum* spp. participation in dry matter partitioning in grasses at the whole plant level. Biology and Fertility of Soils 22: 435-440.

Chalk, P.M. 1991. The contribution of associative and symbiotic nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of non-legumes. Plant and Soil 132: 29-39.

Christos, P. 1993. Biotechnology of crop legumes. Euphytica 74: 165-185.

Cox, G., and Tinker, P.U.B. 1976. Translocation and transfer of nutrients in vesicular mycorrhiza. The Arbuscule and Phosphorus Transfer. New Phytologist 77: 371-378.

Gao, L.L., Delp, G., and Smith, S.E. 2001. Colonization patterns in a mycorrhiza-defective mutant tomato vary with different *arbuscular mycorrhizal* fungi. New Phytologist 151: 477-491.

Geneva, M., Zehirov, G., Djonova, E., Kaloyanova, N., and Georgie, G. 2006. The effect of inoculation of Pea plant with mycorrhizal fungi and Rhizobium on nitrogen and phosphorus assimilation. Plant, Soil and Environment 52(10): 435-440.

George, E., Marschner, H., and Jakobsen, I. 1995. Role of *Arbuscular mycorrhizal* fungi in the uptake of phosphorus and nitrogen from soil. Critical Review of Biotechnology 15: 257-270.

Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation the effect of vesicular-*arbuscular mycorrhiza* infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

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

Hamel, C., and Smith, D.L. 1991.Interspectific N transfer and plant development in a mycorrhizal field-grown

mixture. Soil Biology and Biochemistry 23: 661-665.

Hazarika, D.K., Talukdar, N.C., Phookan, A.K., Saikia, U.N., Das, B.C., and Deka, P.C. 2002. Influence of vesicular *arbuscular mycorrhizal* fungi and phosphate solubilizing bacteria on nursery establishment and growth of tea seedling in Assam. 17 World Congress of Soil Science, Bangkok (Thailand) p. 379.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculumvulgare mill on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Kennedy, A.C., and Smith, K.L. 1995. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. Plant and Soil 170: 75-86.

Ojala, J.C., and Jarrell, W.M. 1983. Hydroponic sand culture systems for mycorrhizal research. Plant and Soil 57(2-3): 297-303.

Omar, S.A. 1998. The role of rock-phosphate fungi and vesicular *arbuscular mycorrhiza* (VAM) in the growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. World Journal of Microbiology and Biotechnology 14:211-218.

Panwar, J.D.S. 1993. Response of VAM and *Azospirillum* inoculation to water status and grain yield in wheat under water stress condition. Indian Journal of Plant Physiology 36: 41-43.

Philips, J.M., and Hayman, D.S. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular *arbuscular mycorrhizal* fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.

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

Rhodes, L.H., and Gerdemann, J.W. 1980. Nutrient translocation invesicular- *arbuscular mycorrhizae*. In C.B. Cook, P.W. Pappas, E.D. Rudolph, eds, Cellular Interactions in Symbiosis and Parasitism. Ohio State University Press, Columbus, p. 173-195

Rousseau, J.V.D., and Reid, C.P.P. 1991. Effects of phosphorus fertilization and mycorrhizal development on phosphorus nutrition and carbon balance of loblolly pine. New Phytologist 117: 319-326.

Safir, G.R. 1987. Ecophysiology of VA. Mycorrhizal Plants 9: 172-192.

Seshadri, S., Muthukumarasamy, R., Lakshminarasimhan, C., and Ignacimuthu, S. 2000. Solubilization of inorganic phosphates by *Azospirillum halopraeferans*. Current Science 79: 565-567.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agro Bios, India. p. 407.

Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P., and Balasubramanian, P. 2006. Responses of field growth tomato plants to *arbuscular mycorrhizal* fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientica Horticulturae 107: 245-253.

Zahir, A.Z., Arshad, M., Franken Berger, W.F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy 81: 97-168.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۷۹۷-۷۸۸

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 788-797

اثر تداخل علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) بر سرعت ظهور برگ و عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.)

بهرام میرشکاری[1*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۲/۲۳

چکیده

به منظور ارزیابی تأثیر تداخل سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) بر شاخص تولید بذر آن و عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. آزمایش به صورت افزایشی و با دو فاکتور تراکم سلمه‌تره شامل صفر، دو، چهار، شش، هشت، بوته در هر متر از طول ردیف کاشت و زمان نسبی سبز شدن آن شامل همزمان، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از سبز شدن رازیانه انجام شد. نتایج نشان داد که ظهور برگ هشتم رازیانه در تمامی تیمارها ۳۵/۴ روز بعد از سبز شدن اتفاق افتاد. زمان تا ظهور دوازدهمین برگ در رازیانه در فاصله تراکم صفر تا چهار بوته سلمه‌تره در هر متر از ردیف کاشت متوسط ۵۰ روز طول کشید، در حالی‌که در دو سطح بعدی تراکم علف‌هرز به طور میانگین ۱۱/۹ روز به تأخیر افتاد. با کاهش تراکم و تأخیر در زمان سبز شدن سلمه‌تره، عملکرد بذر و اسانس رازیانه افزایش یافت. همچنین کاهش تراکم و تأخیر در زمان سبز شدن سلمه‌تره، موجب کاهش شاخص تولید بذر این گیاه شد. در سلمه‌تره‌هایی که همزمان با رازیانه سبز شده بودند، شاخص تولید بذر ۹/۸ درصد بود، در حالی‌که در تیمارهای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از سبز شدن رازیانه مقدار این شاخص به ترتیب تا ۵/۸، ۳/۶ و ۳/۸ درصد کاهش یافت. در این مطالعه تیمارهای دارای بالاترین تولید زیست توده در سلمه‌تره، دارای بیشترین تولید بذر در سلمه‌تره و در مقابل کمترین عملکرد بذر در رازیانه بودند که این امر می‌تواند در مدیریت این علف-هرز در مزارع رازیانه مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تراکم علف‌هرز، سرعت ظهور برگ، فیلوکرون، عملکرد اسانس، زیست توده

مقدمه

رقابت علف‌های‌هرز با گیاهان زراعی از مهم‌ترین موانع تولید محصولات زراعی بوده و یکی از زمینه‌های تحقیقاتی مؤثر در افزایش تولید مواد غذایی به شمار می‌رود (Martin et al., 2000). اجرای عملیات کنترل علف‌های‌هرز با مطالعات مبتنی بر روابط متقابل بین گیاه زراعی و علف‌هرز شروع می‌شود (Martin et al., 1981). سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) یکی از علف‌های‌هرز یک-ساله پهن‌برگ از تیره اسفناجیان[2] است و به عنوان یکی از ۱۲ گونه غالب علف‌هرز در سراسر جهان شناخته می‌شود و در مزارع گیاهانی که دوره رشد آن‌ها با فصل تابستان همراه است، خسارت‌های قابل توجهی به بار می‌آورد (Scheepens et al., 1997; Gupta & Reed, 2012). گیاه رازیانه با نام علمی *Foeniculum vulgare* L. یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی متعلق به تیره چتریان[3] است که بذر آن برای تولید صنعتی اسانس به‌کار می‌رود و در صنایع عطرسازی، غذایی و دارویی کاربرد فراوانی دارد (Mirshekari, 2011).

با در نظر گرفتن توأم دو عامل تراکم و زمان سبز شدن علف‌هرز نسبت به گیاه زراعی، مطالعه دقیق‌تر رقابت برون گونه‌ای و درون - گونه‌ای ممکن می‌شود (Zimdahl, 1980). به دلیل وجود اختلاف در اندازه علف‌های‌هرز یک گونه خاص، که از تفاوت در زمان سبز شدن آن‌ها ناشی می‌شود، علف‌های‌هرز سبز شده در زمان‌های مختلف،

۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: Mirshekari@iaut.ac.ir

2- Chenopodiaceae

3 -Apiaceae

قدرت رقابت متفاوتی دارند (Bosnic and Swanton, 1997). برخی از محققان اثر زمان سبز شدن را مهم‌تر از تراکم علف‌هرز دانسته و عقیده دارند که با در نظر گرفتن آن بهتر می‌توان در مورد ضرورت کنترل علف‌های‌هرز تصمیم‌گیری کرد (Swanton & Murphy, 1996).

طی یک تحقیق در مورد تولید بذر تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) در شرایط تک‌کشتی و رقابت با ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)، مشاهده گردید که توانایی تولید بذر در تاج خروس تحت تأثیر زمان سبز شدن علف‌هرز قرار گرفت. همچنین با افزایش تراکم علف‌هرز، تولید بذر در هر بوته آن کاهش، ولی تولید بذر در واحد سطح افزایش یافت (Aghaalikhani, 2002). در آزمایشی دیگر، میزان تولید بذر تاج خروس در تراکم یک بوته آن در هر متر از طول ردیف کاشت و تاریخ سبز شدن همزمان با ذرت و سویا (*Glycine max* L.) به ترتیب ۲۴۶۰۰ و ۲۶۶۰۰ عدد بود، در - حالی‌که با تأخیر یک ماهه در سبز شدن علف‌هرز، تولید بذر آن به - ترتیب به ۳۵۰۰ و ۱۵۰۰ عدد در هر متر از طول ردیف کاشت کاهش یافت. در همین مطالعه مشخص گردید که با افزایش تراکم ذرت، شدت جریان فوتون در لایه‌های پایینی سایه‌انداز کاهش یافت. همچنین با کاهش دسترسی نور، تعداد بذر در هر بوته علف‌هرز کاهش یافت، ولی وزن هزار دانه آن کمتر تحت تأثیر شدت نور در لایه‌های پایینی سایه انداز قرار گرفت (Clarence & Swanton, 2002).

هدف از این تحقیق ارزیابی تأثیر تراکم و زمان سبز شدن سلمه‌تره بر شاخص تولید بذر آن و فیلوکرون، ظهور برگ و عملکرد رازیانه در شرایط آب و هوایی تبریز بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز واقع در ۱۵ کیلومتری شرق تبریز با ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی "۱۷ °۴۶ شرقی و عرض جغرافیایی ′۵ °۳۸ شمالی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک سرد است. بافت خاک از نوع لومی شنی و اسیدیته خاک در محدودهٔ قلیایی - ضعیف (۷/۲-۷/۸) و میزان مواد آلی آن ۰/۷ درصد بود.

آزمایش به صورت طرح افزایشی اجرا شد که در آن تراکم گیاه رازیانه ثابت و تراکم علف‌هرز متغیر بود. این تحقیق به صورت آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و با دو عامل تراکم سلمه‌تره بر اساس تعداد بوته (صفر، دو، چهار، شش و هشت بوته در هر متر از ردیف کاشت) به ترتیب معادل صفر، ۳/۳، ۶/۶، ۹/۹ و ۱۳/۲ بوته در متر مربع و زمان نسبی سبز شدن سلمه‌تره شامل همزمان، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ روز پس از سبز شدن رازیانه به اجرا در آمد. بذر رازیانه از اصفهان تهیه شده و قبل از اجرای آزمایش از نظر قوه نامیه آزمون شد. مساحت هر کرت آزمایشی ۴×۳ متر مربع بود. تاریخ کاشت رازیانه نیمه اول اردیبهشت ماه و فاصله ردیف‌های کاشت و فاصله بوته‌ها روی ردیف به ترتیب ۶۰ و ۲۰ سانتی‌متر بود. به منظور آماده‌سازی زمین، در پاییز سال قبل خاکورزی با گاوآهن برگردان‌دار در عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متری صورت گرفته و در اوایل بهار با اضافه نمودن کودهای اوره و فسفات آمونیوم به ترتیب به مقدار ۷۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس نتایج تجزیه خاک، دیسک زده شد. جوی و پشته‌ها توسط فاروئر احداث شدند. همچنین مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به صورت سرک در مرحله ۵۰ روز پس از سبز شدن رازیانه به خاک داده شد.

به منظور شکستن خواب بذور سلمه‌تره، بذرهای این گیاه به مدت ۴۸ ساعت در محلول ppm ۱۰۰ اسید جیبرلیک خیسانده شدند (Akhavan Sales & Moshfeghi, 2008). سپس بذور سلمه‌تره در شرایط گلخانه در گلدان‌های کاغذی کاشته شده و گیاهچه‌های دو برگی آن در زمان‌های مورد نظر در مزرعه نشاء شدند. نحوه استقرار آن‌ها در دو طرف ردیف‌های کاشت رازیانه و به صورت زیگزاک و به فاصله ۱۵ سانتی‌متر از وسط خطوط کشت با تراکم مورد نظر بود. در طول دوره رشد عملیات داشت شامل آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A و تنک گیاهچه‌های اضافی رازیانه تا رسیدن به تراکم ۸/۳ بوته در متر مربع انجام شد. آفت و بیماری خاصی در مزرعه مشاهده نگردید.

با توجه به این‌که زمان تا ظهور برگ هشتم رازیانه در تمامی تیمارها به طور تقریباً همزمان اتفاق افتاده بود، بنابراین مبنا در شمارش برگ‌ها برگ هشتم در نظر گرفته شد. همچنین چون تفکیک زمان ظهور تک برگ آنچنان با دقت قابل شمارش نبود، لذا جهت کاهش خطای آزمایش فیلوکرون برگ‌های هشتم تا ۱۲ ام مد نظر بوده است. زمان ظهور برگ‌های چهارم، هشتم و دوازدهم رازیانه موقعی که ۵۰ درصد گیاهان یک کرت وارد این مراحل شدند، در نظر گرفته شد. سرعت ظهور برگ با استفاده از معادله (۱)محاسبه شد (Warrington & Kanemasu, 1983).

جدول ۱- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه رازیانه در تیمارهای مختلف

Table 1- Analysis of variance (mean squares) of studied characteristics of fennel in different treatments

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	زمان تا ظهور چهارمین‌برگ Time to 4th leaf appearance	زمان تا ظهور هشتمین‌برگ Time to 8th leaf appearance	زمان تا ظهور دوازدهمین-برگ Time to 12th leaf appearance	فیلوکرون برگ ۸-٤ Phyllochron of 4-8th leaves	فیلوکرون برگ ۱۲-۸ Phyllochron of 8th-12th leaves	سرعت ظهور برگ Leaf appearance rate	تعداد برگ دربوته Leaves number per plant	عملکرد بذر Seed yield	زیست توده رازیانه Fennel biomass	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	325.33	24.25	86.21	85.21	47.02	25.48	469.43	313.33	333.33	94.87
تراکم سلمه‌تره Lambsquarters density	4	3.58	14.11	180.00**	50.00	140.33**	19.89**	50.50	820.00*	768.87	1200.73*
زمان سبز شدن سلمه‌تره Lambsquarters emergence time	3	0.33	10.37	12.00	79.15	30.79	9.00	60.50	755.56*	435.88	5000.08***
زمان × تراکم Density × emergence time	12	6.00	12.10	30.35	53.00	30.02	6.69	11.53	25.00	197.00	780.12
خطا Error	38	3.01	5.18	11.11	38.25	14.45	3.58	28.18	200.01	280.55	300.80
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	24.01	25.18	19.14	22.73	16.69	9.19	15.45	19.19	14.75	18.11

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

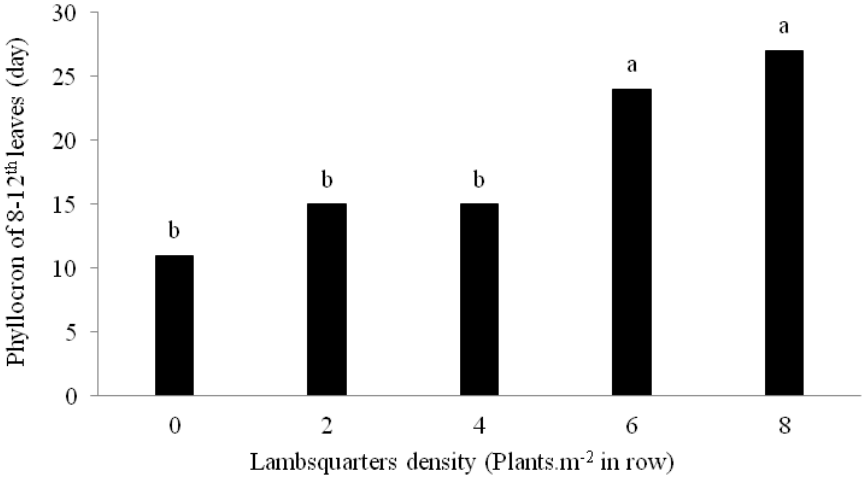
معادله (۱) فیلوکرون/۱= سرعت ظهور برگ

به منظور تعیین وزن خشک اندام‌های هوایی، بوته‌های سلمه‌تره از نزدیکی سطح زمین قطع و بعد از خشک کردن در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی‌گراد توزین شدند. شاخص تولید بذر سلمه‌تره (نسبت وزن بذر به وزن گیاه) با تقسیم میزان وزن بذر هر بوته بر وزن کل بوته محاسبه گردید (Mahmoudi, 2005). استخراج اسانس بذرهای رازیانه از ۱۵ گرم بذر خرد شده و با استفاده از دستگاه کلونجر صورت گرفت. محاسبه عملکرد اسانس (بر حسب میلی‌لیتر در متر مربع) بر اساس عملکرد بذر و درصد اسانس تعیین شد (Mirshekari, 2011). تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار آماری Mstat-c انجام و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

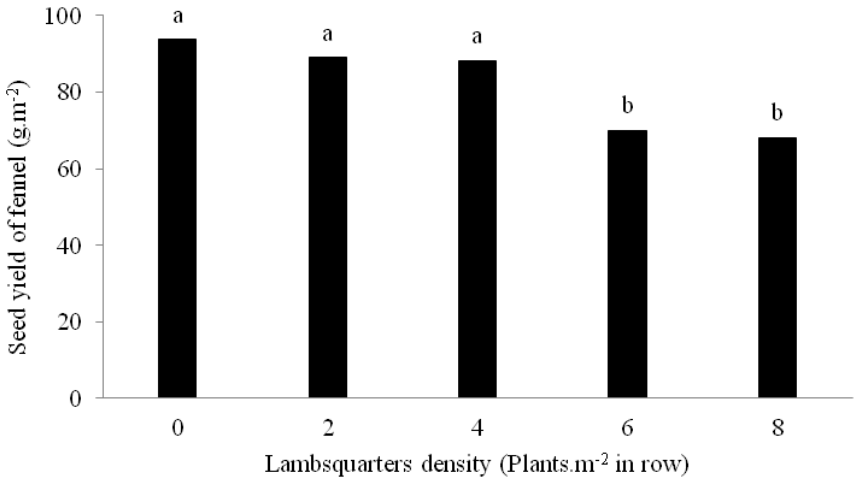
اثر تراکم علف‌هرز سلمه‌تره بر صفات زمان تا ظهور دوازدهمین برگ، فیلوکرون هشتمین تا دوازدهمین برگ و سرعت ظهور هر برگ در رازیانه معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۱).

زمان تا ظهور دوازدهمین برگ در رازیانه در فاصله تراکمی صفر تا چهار بوته سلمه‌تره در هر متر از ردیف کاشت تقریباً ۵۰ روز طول کشید، در حالی‌که در دو سطح بعدی تراکم علف‌هرز، به طور میانگین ۱۱/۹ روز به تأخیر افتاد (جدول ۲). این امر می‌تواند ناشی از کاهش سرعت ظهور برگ در رازیانه از ۰/۰۷ بر روز در سطوح دو و چهار بوته علف‌هرز به ۰/۰۴ بر روز در سطوح شش و هشت بوته آن در هر متر از طول ردیف کاشت (جدول ۲) در اثر تنش مواد غذایی و محدودیت تابش نور به داخل کانوپی و به تبع آن کاهش فتوسنتز باشد و همان طوری‌که در این آزمایش ملاحظه شد، فیلوکرون هشتمین تا دوازدهمین برگ از ۱۵ روز در تراکم‌های دو چهار بوته علف‌هرز تا ۲۵/۵ روز در تراکم‌های شش و هشت بوته آن (معادل ۷۰٪) افزایش یافت، در حالی‌که زمان از ظهور برگ‌های هشتم تا دوازدهم رازیانه، در شرایط عدم حضور علف‌هرز بعد از ۱۱ روز اتفاق افتاد (شکل ۱). به نظر می‌رسد این نتیجه از تداخل نسبی اندام‌های هوایی سلمه‌تره و رازیانه در تیمارهای مربوطه و جذب درصدی از سهم نوری رازیانه توسط سلمه‌تره ناشی شده باشد. در مطالعه عبدالخلیل و رید (Abd-EL-Khalil & Ride, 2011) مشاهده شد که با افزایش شدت نور، سرعت ظهور برگ در گیاه دارویی زنیان (*Carum copticum* L.) ۱۱ درصد فزونی یافت.

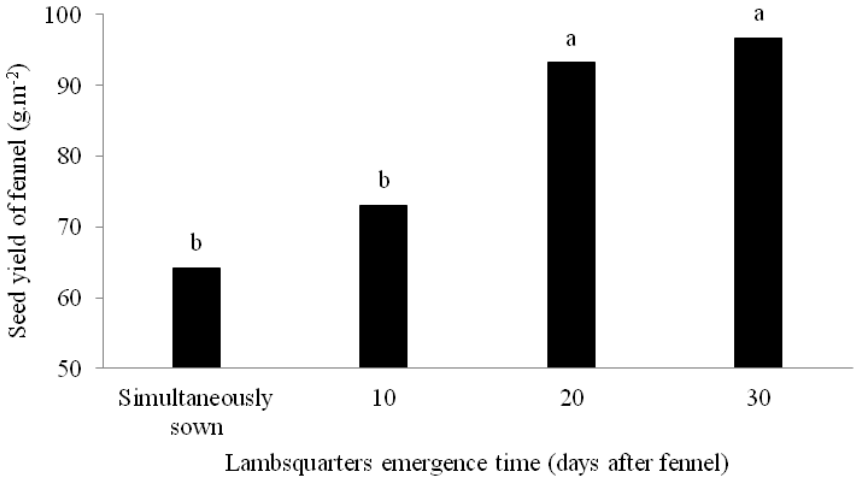


شکل ۱- تأثیر تراکم علف‌هرز بر فیلوکرون برگ‌های هشتم تا دوازدهم رازیانه

Fig. 1- Phyllochron of 8-12th leaves of fennel as affected by lambsquarters density



شکل ۲- تأثیر تراکم علف‌هرز بر عملکرد بذر رازیانه
Fig. 2- Seed yield of fennel as affected by lambsquarters density



شکل ۳- تأثیر زمان سبز شدن سلمه‌تره بر عملکرد بذر رازیانه
Fig. 3- Seed yield of fennel as affected by lambsquarters emergence time

پوکوای و همکاران (Pokovai et al., 2004) و بریچ و همکاران (Brich et al., 2008) از مطالعه همبستگی فیلوکرونی برگ با تابش نور در ذرت دریافتند که با کاهش شدت نور، فیلوکرون برگ به شدت افزایش یافت و کوتاه‌ترین فیلوکرون به شدت‌های بالای تابش نور اختصاص داشت.

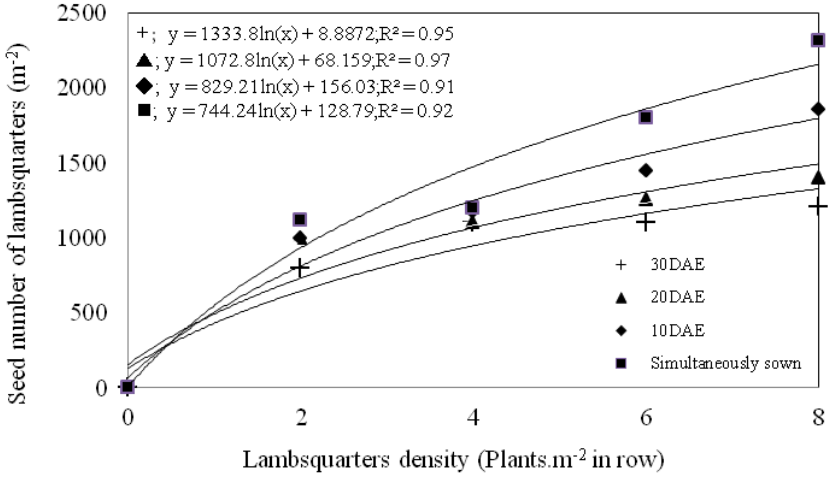
اثر تراکم و زمان سبز شدن علف‌هرز سلمه‌تره روی عملکرد بذر رازیانه معنی‌دار بود ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۱). محدودیت‌های اعمال شده توسط سلمه‌تره، تأثیر منفی بیشتری بر رشد زایشی و تولید رازیانه داشت و با شدت گرفتن رقابت (کاهش فاصله زمانی بین سبز شدن علف‌هرز و گیاه زراعی و یا افزایش تراکم سلمه‌تره)، دامنهٔ این تأثیر بیشتر شد. با کاهش تراکم و تأخیر در زمان نسبی سبز شدن سلمه‌تره عملکرد بذر رازیانه افزایش یافت (شکل‌های ۲ و ۳).

در حالی‌که تأثیر عوامل مورد مطالعه بر زیست توده رازیانه معنی‌دار نبود ($P\geq$۰/۰۵) (جدول ۱). در این آزمایش گیاه رازیانه توانست تراکم چهار بوته سلمه‌تره در هر متر از ردیف کاشت و نیز حضور سلمه‌تره را از ۳۰-۲۰ روز پس از سبز شدن رازیانه به بعد بدون

کاهش معنی‌دار در عملکرد بذر تحمل کند (شکل‌های ۲ و ۳). افزایش تراکم علف‌هرز از دو به چهار، چهار به شش و شش به هشت بوته در هر متر از ردیف کاشت، عملکرد بذر رازیانه را به ترتیب حدود ۶٪، ۲۵٪ و ۲۷٪ در مقایسه با تیمار بدون علف‌هرز کاهش داد که نشان می‌دهد تأثیر سلمه‌تره بر عملکرد رازیانه در تراکم‌های شش بوته و بالاتر از آن ظاهر می‌شود.

اثر تراکم و زمان سبز شدن علف‌هرز سلمه‌تره روی عملکرد اسانس رازیانه معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵) (جدول ۱). تراکم‌های شش و هشت بوته سلمه‌تره از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری با تیمار بدون علف‌هرز داشتند (جدول ۲). به طوری‌که در این محدوده تراکم، به ازاء هر واحد علف‌هرز معادل ۳۶ میلی‌لیتر در متر مربع از عملکرد اسانس کاسته شد. همچنین با تأخیر در سبز شدن علف‌هرز نسبت به رازیانه، عملکرد اسانس رازیانه روند افزایشی نشان داد. به طوری‌که از ۲۰۳ میلی‌لیتر در متر مربع در شرایط رقابت تمام فصل علف‌هرز به ۲۶۱/۵ میلی‌لیتر در متر مربع در صورت سبز شدن علف‌هرز ۳۰ روز بعد از رازیانه رسید (P≤۰/۰۱) (جدول ۴). این امر با یافته‌های ابوزید و بالبا (Abu Zeid & Balba, 2006) در خصوص اثر رقابت علف‌هرز شبیه سازی شده سورگوم (*Soghum bicolor* L.) با گیاه دارویی سنبل‌الطیب (*Valeriana officinalis* L.) در محدوده تراکم ۱۵-۳ بوته علف‌هرز در هر متر مربع از کرت مطابقت دارد. در این مطالعه درصد ترکیب والپوتریات در ریزوم‌های سنبل‌الطیب تا ۰/۸ درصد به ویژه در سطوح بالای تراکم علف‌هرز افت پیدا کرد.

اثر متقابل تراکم و زمان سبز شدن علف‌هرز سلمه‌تره روی تعداد بذر در متر مربع، زیست توده و شاخص تولید بذر علف‌هرز معنی‌دار بود (P≤۰/۰۵) (جدول ۳). با افزایش تراکم و زودتر سبز شدن سلمه‌تره نسبت به رازیانه، تعداد بذر آن در هر متر مربع افزایش نشان داد (شکل ۴). تولید بذر در گیاهان به واسطه درصد تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش های زایشی گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. توانایی تغییر در تخصیص مواد فتوسنتزی به بخش‌های زایشی گیاهان، در شرایط مختلف فراهمی مواد غذایی خاک، در علف‌های‌هرز بیشتر از گیاهان زراعی است (Colquhoun et al., 2005). با توجه به نتایج رونالد و اسمیت (Ronald & Smith, 2000)، باید در نظر داشت که برخی علف‌های هرز به دلیل برخورداری از بذرهای کوچک به سهولت در نقاط مختلف انتشار پیدا می‌یابند و علی‌رغم کمتر بودن تعداد آن‌ها امکان ایجاد آلودگی‌های مجدد را فراهم می‌کنند. بنابراین، کاربرد عملی آستانه‌های خسارت در علف‌های‌هرز برخوردار از بذر زیاد، محدود است و تولید بذر بیشتر در تراکم‌های کمتر از آستانه خسارت، می‌تواند در برخی موارد کنترل علف‌های‌هرز را در سطوح پایین‌تر از آستانه اقتصادی توجیه کند. بنابراین، تصمیم‌گیری برای اجرا و عدم اجرای عملیات کنترل علف‌هرز در شرایط فوق بایستی بر اساس اثر متقابل بین مقدار کاهش عملکرد گیاه زراعی ناشی از رقابت و نیز میزان تولید بذر علف‌هرز انجام شود.



شکل ٤- تأثیر تراکم و زمان سبز شدن سلمه‌تره بر تعداد بذر آن

Fig. 4- Seed number of lambsquarters as affected by its density and emergence time

جدول ۲- اثر تراکم علف‌هرز سلمه‌تره بر برخی از صفات مورد مطالعه

Table 2- Effect of weed density on some of the studied traits

تراکم علف‌هرز Weed density (Plants per meter row)	زمان تا ظهور دوازدهمین برگ (روز) Time to 12th leaf appearance (day)	سرعت ظهور برگ (بر روز) Leaf appearance rate (day^{-1})	عملکرد اسانس (میلی‌لیتر در متر-مربع) Essential oil yield ($mL.m^{-2}$)	تولید بذر سلمه‌تره (گرم در مترمربع) Lambsquarters seed production ($g.m^{-2}$)
0	47 c	0.09 a	270.8 a	0 a
2	51 bc	0.07 a	257.2 a	0.71 b
4	51 bc	0.07 a	254.6 a	0.82 b
6	60 a	0.04 b	202.3 b	1.01 bc
8	63 a	0.04 b	196.5 b	1.22 c

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد ندارند .

Means with the same letter in each column are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۳- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه علف‌هرز سلمه‌تره در تیمارهای مختلف

Table 3- Analysis of variance (mean squares) of studied characteristics of lambsquarters in different treatments

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد بذر Seed number	وزن هزار دانه 1000-seed weight	تولید بذر در مترمربع Seed production.m^{-2}	زیست توده Biomass	شاخص تولید بذر Seed production index
تکرار Replication	2	666.12	0.78	60.55	599.00**	874.21
تراکم سلمه‌تره Lambsquarters density	4	5897.89**	1.26	589.89**	300.03*	58800.77**
زمان سبز شدن سلمه‌تره Lambsquarters emergence time	3	3200.00*	1.66	95.10*	308.51*	500000.78**
زمان × تراکم Density × emergence time	12	3579.14*	2.55	86.40*	324.00*	38950.39**
خطا Error	38	789.22	8.87	21.81	81.81	4630.48
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	22.19	25.25	29.25	25.00	23.58

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

* and **: represent significant difference at 5% and 1% probability levels, repectively.

جدول ٤- اثر زمان سبز شدن علف‌هرز سلمه‌تره روی برخی از صفات مورد مطالعه

Table 4- Effect of weed emergence time on some of the studied traits

زمان سبز شدن علف‌هرز (روز پس از رازیانه) Weed emergence time (days after fennel emergence)	عملکرد اسانس (میلی‌لیتر در مترمربع) Essential oil yield ($mL.m^{-2}$)	تولید بذر سلمه‌تره (گرم در مترمربع) Lambsquarters seed production ($g.m^{-2}$)
همزمان با رازیانه Simultaneously sown	203.1 c	0.90 c
۱۰ روز پس از رازیانه 10 DAE	239.1 b	0.76 b
۲۰ روز پس از رازیانه 20 DAE	241.5 ab	0.67 b
۳۰ روز پس از رازیانه 30 DAE	261.5 a	0.55 a

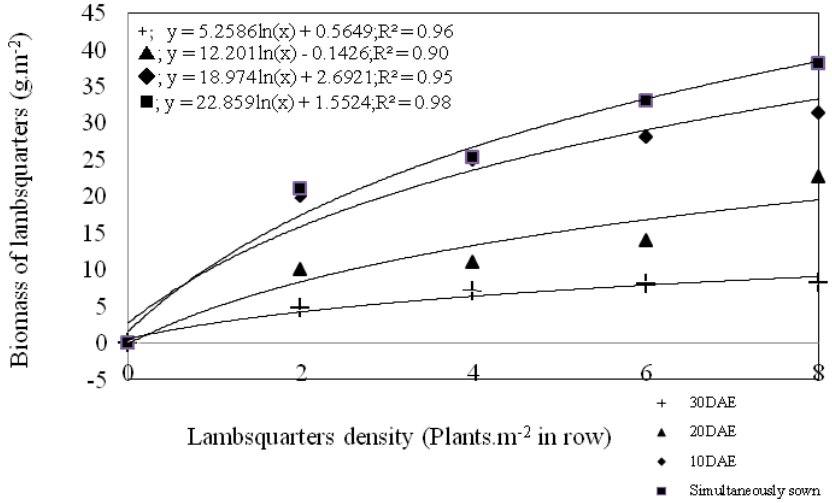
DAE: روز پس از سبز شدن رازیانه

DAE: days after fennel emergence

اثر عوامل مورد مطالعه روی وزن هزار دانه سلمه‌تره معنی‌دار نشد (جدول ۳) و مقدار این صفت در تمامی تیمارها حدود ۰/۷۲ گرم بود

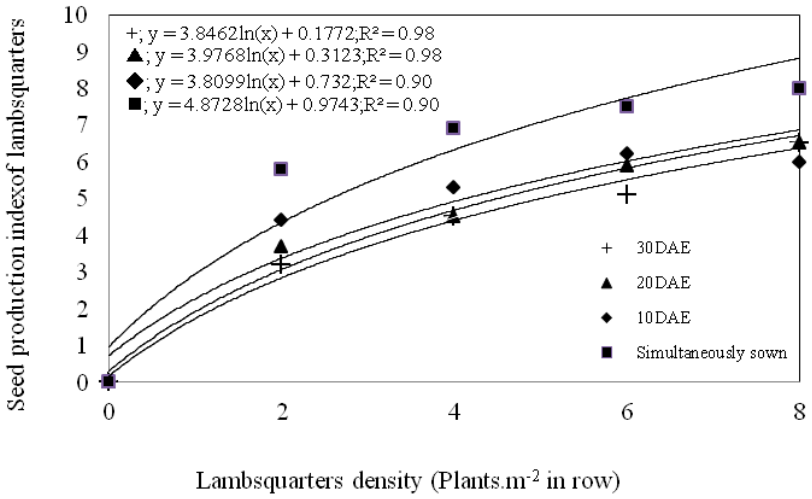
(داده‌ها ارائه نشده است). به نظر می‌رسد این نتیجه ناشی از شدت کنترل ژنتیکی اندازه بذر باشد (Horak, 1997). کل تولید بذر سلمه‌تره نیز با همان روندی که در مورد تعداد بذر تولیدی آن در هر متر مربع اشاره شد، در تیمارهای مربوطه تغییر یافت. به ازاء کاهش هر واحد تراکم علف‌هرز در هر متر از ردیف کاشت و نیز هر یک روز تأخیر در سبز شدن آن، مقدار تولید بذر علف‌هرز به ترتیب حدود ۰/۱۵ و ۰/۰۲ گرم در متر مربع کاهش یافت (جدول‌های ۲ و ۴). ولی، با توجه به ریزش احتمالی درصدی از بذرهای سلمه‌تره قبل از برداشت، ممکن است محاسبه تعداد بذر و کل تولید بذر آن از دقت کافی برخوردار نباشد. نتایج مطالعه آقاعلیخانی (Aghaalikhani, 2002) نشان داد که توانایی تولید بذر در تاج خروس توسط زمان سبز شدن تحت تأثیر قرار گرفت و با این‌که افزایش تراکم، تولید بذر در هر بوته را کاهش داد، ولی تولید بذر در واحد سطح افزایش یافت. این محقق بر کنترل تاج‌خروس در ابتدای دوره رشد به منظور کاهش تولید بذر، کاهش افت عملکرد گیاه زراعی و محدود شدن دامنه انتشار آن در سال های بعدی تأکید داشت. در آزمایش ماسینگا و همکاران (Massinga et al., 2001) نیز تولید بذر در هر بوته تاج‌خروس همراه با افزایش تراکم آن در کشت ذرت کاهش یافت، ولی تولید بذر در واحد سطح افزایش نشان داد. کلگوهون و همکاران (Colquhoun et al., 2005) اظهار داشتند که مقدار تولید بذر هر بوته سلمه‌تره در کشت خالص چندین برابر بیش از شرایط رقابت با ذرت بود. در مطالعه ایشان، هر بوته در کشت خالص حدود ۱۵۰ هزار بذر تولید کرد، در حالی‌که بذر تولیدی هر بوته در شرایط رقابت با ذرت ۳۶۰۰ عدد بود. این پژوهشگران تولید زیاد بذر توسط سلمه‌تره حتی در تراکم‌های پایین را دلیلی بر ضرورت کنترل جمعیت‌های آن دانستند.

با کاهش تراکم و تأخیر در زمان نسبی سبز شدن سلمه‌تره، مقدار زیست توده آن افت پیدا کرد ($P\leq$۰/۰۵) (شکل ۵). به نظر می رسد تحت شرایط فوق از اندازه بوته‌های سلمه‌تره به دلیل تسخیر فضای رشد توسط رازیانه کاسته شده است. در چنین شرایطی گونه‌ای که زودتر سبز شده و یا سرعت رشد بیشتری داشته باشد، در واحد زمان سهم بیشتری از فضای رشد را به خود اختصاص می‌دهد. روهریس و استانزل (Rohris & Stunzel, 2001) نیز در مطالعه خود روی سلمه‌تره به نتایج مشابهی دست یافته و آن را به رقابت درون گونه‌ای و کاهش اندازه گیاهان نسبت داده اند. در مطالعه حاضر تیمارهای سبز شدن دو، چهار و شش بوته سلمه‌تره در ۱۰ روز پس از رازیانه به ترتیب به اندازه ۱/۸، ۱/۸ و ۱/۲ برابر تیمارهای سبز شدن چهار، شش و هشت بوته سلمه‌تره در ۲۰ روز پس از رازیانه زیست توده تولید کرد (شکل ۵). این نتیجه نشان از تأثیر بیشتر زمان سبز شدن سلمه‌تره نسبت به تراکم بر تولید زیست توده آن دارد. این امر از شیب خطوط مربوطه نیز مشخص است، حاکی است که با تأخیر در زمان سبز شدن از شدت تأثیر تراکم روی زیست توده علف‌هرز کاسته می‌شود.



شکل ۵- تأثیر تراکم و زمان سبز شدن سلمه‌تره بر زیست توده آن

Fig. 5- Biomass of lambsquarters as affected by its density and emergence time



شکل ٦- تأثیر تراکم و زمان سبز شدن سلمه‌تره بر شاخص تولید بذر آن

Fig. 6- Seed production index of lambsquarters as affected by its density and emergence time

کاهش تراکم و تأخیر در زمان سبز شدن علف‌هرز، موجب کاهش معنی‌دار شاخص تولید بذر آن در رقابت با رازیانه شد (شکل ۶). محاسبات نشان داد، در حالی‌که در سلمه‌تره‌های سبز شده به طور همزمان با رازیانه، ۹/۸٪ وزن کل بوته را بذر تشکیل می‌داد، در زمان‌های دوم، سوم و چهارم سبز شدن آن به ترتیب تا ۵/۸٪، ۳/۶٪ و ۳/۸٪ کاهش یافت. این امر با توجه به کاهش معنی‌دار وزن ماده خشک اندام‌های هوایی سلمه‌تره در سطوح بعدی نسبت به سبز شدن همزمان و وجود همبستگی مثبت بین وزن ماده خشک و مقدار تولید بذر در علف‌هرز (r =۰/۷۶) قابل انتظار بود.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه سلمه‌تره‌های دارای زیست توده بالا توانستند بذر بیشتری در واحد سطح تولید کنند. در کرت‌های مشابه، رازیانه‌ها نیز دارای فیلوکرون بیشتر و عملکرد دانه کمتر بودند. از میزان تولید زیست توده سلمه‌تره می‌توان برای تخمین پتانسیل تولید بذر آن در مزرعه رازیانه بهره گرفت که آن نیز خواهد توانست در مدیریت این علف‌هرز مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه این تحقیق از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز تأمین شده است. بدین وسیله نگارنده مراتب قدردانی خود را از ریاست و معاون محترم پژوهشی دانشگاه اعلام می‌دارد.

منابع

Abd-EL-Khalil, Z., and Ride, M. 2011. Phenology of *Carum copticum* as affected by weeds competition. Egyptian Journal of Plant Science 11: 74-78.

Abu Zeid, E.N., and Balba, L.K. 2006. Seedling growth and yield quality of *Valeriana officinalis* affected by simulated sorghum (*Sorghum bicolor*) as a weed. Egyptian Journal of Applied Sciences 33: 102-112.

Aghaalikhani, M. 2002. Ecophysiological aspects of redroot pigweed and grain corn competition. PhD Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Akhavan Sales, M., and Moshfeghi, N. 2008. Seed dormancy breaking in lambsquarters (*Chenopodium album*). Research Report in Agronomy, Birjand University, Iran. (In Persian)

Bosnic, A.C., and Swanton, C.J. 1997. Influence of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) time of emergence and density on corn (*Zea mays* L.). Weed Science 43: 276-282.

Brich, C.J., Vos, J., Kiniry, J., Bos, H.J., and Elings, A. 2008. Phyllochron responds to acclimation to temperature and irradiance in maize. Field Crops Research 59: 187-200.

Clarence, J., and Swanton, J. 2002. Determination of the critical period of weed interference in corn (*Zea mays* L.) and soybeans (*Glycine max* L.). Department of Crop Science. Ontario, Canada.

Colquhoun, J., Boerboom, C.M., Binning, L.K., Stoltenberg, D.E., and Norman, J.M. 2005. Common lambsquarters photosynthesis and seed production in three environments. Weed Science 49: 334-339.

Gupta, S., and Reed, H. 2012. Phenology of lambsquarters (*Chenopodium album*) in moderate and tropical regions. Indian Journal of Fundamental Research 6: 22-26.

Horak, M.J. 1997. The changing nature of palmer amaranth: A case study. Proceeding of North Cent. Weed Science 52: 161-168.

Mahmoudi, S. 2005. Ecophysiological study of lambsquarters (*Chenopodium album* L.) and corn (*Zea mays* L.) competition. PhD Thesis, Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Martin, A.C., Zim, H.S., and Nelson, A.L. 1981. American Wild Life and Plants. Dover Publications, New York, 500 pp.

Massinga, R.A., Currie, R.S., Horak, M.J., and Boyer, J. 2001. Interference of palmer amaranth in corn. Weed Science 49: 202-208.

Mirshekari, B. 2011. Production of Medicinal and Aromatic Plants. Tabriz University Publication, Tabriz, Iran 182 pp. (In Persian)

Pokovai, K., Kovacs, G.J., and Dobos, A. 2004. Phyllochron dependence on solar radiation in maize. Proceedings of VIII ESA Congress, Copenhagen, Denmark, 11-15 July, p. 161-162.

Rohris, M., and Stunzel, H. 2001. Canopy development of *Chenopodium album* in pure and mixed stands. Weed Research 41: 111-128.

Ronald, A.E., and Smith, E.C. 2000. The Flora of the Nova Scotia. Halif Nova Scotia Museum, 746 pp.

Scheepens, P.C., Lempennar, C., Andereasen, C., Eggers, T.H., Netland, J., and Vurro, M. 1997. Biological control of an annual weed *Chenopodiun album* with emphasis on the application of *Ascochyta caulina* as a microbial herbicide. Integrated Pest Management Reviews 2: 71-76.

Swanton, C.J., and Murphy, S.D. 1996. Weed science beyond the weeds: The role of integrated weed management (IWM) in agro-ecosystem health. Weed Science 44: 437-445.

Warrington, I.J., and Kanemasu, E.T. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. II: Leaf initiation and leaf appearance rates. Agronomy Journal 75: 755-761.

Zimdahl, R.L. 1980. Weed-Crop Competition: A Review in Weed Management in Agro-ecosystems: Ecological Approaches. Altieri and Liebman Publications, Boca Raton, Florida, USA.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۱۱-۷۹۸

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 798-811

بررسی برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی مرزنجوش وحشی (*Origanum vulgare* subsp virid.) تحت تأثیر سطوح مختلف کود آزوکمپوست و اوره

رستم یزدانی بیوکی[1*]، محمد بنایان اول[2]، حمیدرضا خزاعی[3] و حمید سودایی زاده[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۷

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف کود آزوکمپوست و کود اوره بـر برخـی خوصـیات کمـی و کیفـی گیـاه دارویـی مرزنجـوش (*Origanum vulgare* virid.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه دانشـکده کشـاورزی دانشـگاه فردوسـی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. عامل‌های آزمایش شامل سطوح مختلف کود اوره (صفر، ۲۱/۷، ۱۰۸/۷ و ۱۹۵/۷ کیلـوگرم در هکتـار) و کـود آزوکمپوست (صفر، ۲/۲، ۱۱/۱ و ۲۰ تن در هکتار) بود. هر یک از سطوح کود آزوکمپوست و کود اوره به طور جداگانه بر اساس میزان کـاربرد صـفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار تنظیم شدند. در این تحقیق صفاتی نظیر ارتفاع بوته، قطر تاج گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل، وزن خشـک گل، وزن خشک کل پیکر رویشی، وزن خشک برگ، شاخص سطح برگ، عملکرد اقتصادی، شاخص برداشـت، درصـد و عملکـرد اسـانس انـدازه‌گیـری شدند. نتایج نشان داد که اثرات ساده کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی آزوکمپوست بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده مرزنجوش به جز شاخص برداشت و درصد اسانس معنی‌دار بود و اثرات دوگانه برای تمامی صفات به جز درصد اسانس معنی‌دار بود. گیاهان تیمار شده با ۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتـار و ۸۰ کیلوگرم آزوکمپوست در هکتار در اکثر صفات به جز قطر تاج گیاه، وزن خشک کل، درصد و عملکرد اسانس از بیشترین مقدار برخـوردار بودنـد. بـا افزایش سطوح آزوکمپوست از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن افزایش عملکرد اقتصادی برابر با ۵۷۷/۶۸ کیلوگرم در هکتار بود درحالی‌که افزایش سـطوح کود شیمیایی نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم سبب افزایش عملکرد اقتصادی به مقدار ۴۴۱/۷ کیلوگرم در هکتـار شـد. لـذا بـه نظـر مـی‌رسـد کـاربرد آزوکمپوست به تنهایی نتایج بهتری نسبت به کود شیمیایی نیتروژن داشت. محاسبهٔ ضرایب همبستگی نشان داد که بیشترین همبستگی متعلق به تعـداد شاخه‌های جانی و تعداد گل در بوته با ارتفاع بوته ($r=۰/۹۹^{**}$) و نیز وزن خشک گل و وزن خشک برگ با عملکرد اقتصادی ($r=۰/۹۹^{**}$) بود. همچنـین تعداد شاخه‌های جانبی ($r=۰/۹۸^{**}$)، سطح برگ ($r=۰/۹۷^{**}$) و ارتفاع بوته ($r=۰/۹۶^{**}$) بیشترین همبستگی مثبت با عملکـرد اقتصـادی را داشـتند، کـه نشانگر اهمیت این صفات در تعیین عملکرد نهایی بود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، کود آلی، کود شیمیایی، نیتروژن

مقدمه [1]

مرزنجوش (*Origanum vulgare* L.) از خـانواده نعناعیـان (Lamiaceae) از جمله گیاهان دارویـی چندسـاله و ارزشـمند ایران به شمار می‌آید. به لحاظ تجاری و ارزش بـالا، صـادرات ایـن گیاه به اقصی نقاط جهان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مقرون به صرفه است (Safaeikhoram, 2008). مرزنجوش بـه عنـوان گیـاه مـورد اسـتفاده در طـب سـنتی و نیـز گیـاه دارویـی مـؤثر در فارماکوپه‌های معتبر جهان به ثبت رسیده است. این گیـاه طبـق نظر مونـوگراف گـروه دارویـی آلمـان دارای وضـعیت مثبـت درمانی است (Safaeikhoram, 2008). پیکر رویشی مرزنجـوش به سبب وجود اسانس، معطر می‌باشند. مقدار اسانس در اندام‌هـای هوایی گیاه مرزنجوش تحت شرایط اقلیمی محـل رویـش متفـاوت و

۱، ۲، ۳ و ۴- دانش آموخته دکترای اگرواکولوژی، دانشـیار گـروه زراعـت، ، اسـتاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی دانشـگاه فردوسـی مشـهد، اسـتادیار گـروه منـابع طبیعی و کویرشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد
(*- نویسـنده مسـئول: Email: Yazdani.agroecology@yahoo.com)

بین ۰/۵ تا ۱/۵ درصد است (Omidbaigi, 1997; Vakili Shahrbabaki, 2008). با توجه به این‌که عوامل محیطی تأثیر عمده‌ای در رشد نمو و میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Omidbaigi, 1997) شناخت شرایط مطلوب برای رشد بهینه و شناسایی عواملی که در تغییرات کمی و کیفی گیاهان مؤثر هستند، می‌تواند ضمن کاهش هزینه تولید به افزایش درآمد بهره‌برداران منجر شود و گام مهمی در تأمین نیاز صنایع داروسازی کشور باشد.

از طرفی نکته حائز اهمیت در تولید گیاهان دارویی، بهبود خواص کمی و کیفی آن‌ها بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی است. استفاده مطلوب از منابع نیتروژن برای بهبود عملکرد اقتصادی و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی امری ضروری است (Mostafavi Rad et al., 2010).

کودهای آلی نظیر آزوکمپوست[1] (کمپوست فرآوری شده از سرخس آزولا) به عنوان منبع نیتروژن سبب بهبود منابع غذایی، جلوگیری از آب شویی عناصر غذایی و آب می‌شوند و به تغذیه گیاهان کمک می‌کند (Mostafavi Rad et al., 2010). مطالعات متعددی بر تأثیر ترکیبات آلی و شیمیایی بر گیاه مرزنجوش صورت گرفته است. از جمله عزیزی و همکاران (Aziz et al. 2009) با مطالعه سطوح مختلف نیتروژن در قالب کودهای شیمیایی بر جمعیت‌های O. vulgare L. در گلخانه گزارش کردند که کاربرد سطح بالاتر نیتروژن (۱/۵ گرم در هر گلدان) سبب افزایش ماده خشک گیاه شد، درحالی‌که میزان اسانس گیاه را کاهش داد. سوتیروپلو و کارامونوس (Sotiropoulou & Karamanos, 2010) با بررسی چهار سطح نیتروژن صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نشان دادند که کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری بر عملکرد رویشی O. vulgare virid. تأثیر داشت و میزان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب رشد بهینه گیاه و سبب بهبود عملکرد روغن شد، اما استفاده از نیتروژن بر غلظت روغن گیاه بی‌تأثیر بود. Dordas, (2009) افزایش ارتفاع، تعداد شاخه در گیاه، ماده خشک گیاه و عملکرد اسانس را با کاربرد برگی کلسیم و منیزیم بر O. vulgare L. نشان داد، درحالی‌که میزان اسانس تحت تأثیر کاربرد کلسیم و منیزیم قرار نگرفت. تلقیح ریشه‌های مرزنجوش بستانی (*O. majorana* L.) با انواع باکتری‌های *برادی ریزوبیوم*[2] و استفاده از منابع فسفر آلی سبب تأثیر مثبت بر اجزای رشدی گیاه شد. بیشترین عملکرد رویشی و روغن از ترکیب دو تیمار کود گوسفندی و تلقیح با باکتری حاصل شد، میزان اسانس تحت تأثیر تلقیح باکتریایی و بقایای آلی قرار نگرفت، اما اجزای تشکیل‌دهنده اسانس تغییر یافت (El-ghandour et al., 2009). بانچیو و همکاران (Banchio et al. 2008) با بررسی اثر انواع PGPR[3] بر مرزنجوش بستانی گزارش کردند که برادی ریزوبیوم و سودوموناس فلورسانس[4] اثر مثبت و معنی‌داری بر طول ساقه، وزن ساقه، تعداد برگ، تعداد گره و وزن خشک ریشه داشت، همچنین عملکرد اسانس گیاه با تلقیح کردن بذور به وسیله باکتری افزایش معنی‌داری نسبت به بدون تلقیح باکتریایی نشان داد. غریب و همکاران (Gharib et al. 2008) با مطالعه تأثیر کمپوست و کودهای بیولوژیک بر مرزنجوش بستانی در گلخانه نشان دادند که رشد گیاه، ترکیبات اساس و عملکرد ماده خشک گیاه با کاربرد کودهای آلی در مقایسه با شاهد برتری نشان داد. ال-فرایهات (Al- et al. 2011 fraihat) با کاربرد کودهای آلی بیان کردند که کود مرغی بیشترین مقادیر وزن تر و خشک مرزنجوش بستانی را سبب شد.

مصطفوی راد و همکاران (Mostafavi Rad et al. 2010) و طهماسبی سروستانی (Tahmasebi Sarvestani 2011) در مطالعه‌ای با کاربرد منابع نیتروژن شامل آزوکمپوست، ۵۰٪ آزوکمپوست+ ۵۰٪ اوره و اوره بر ارقام کلزا (Brassics napus L.)، افزایش کیفیت روغن دانه‌های کلزا تحت تیمار آزوکمپوست را گزارش کردند، اما اثر تیمار تغذیه تلفیقی بر عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. یوسف زاده و همکاران (et al. 2013 Yousefzadeh) با کاربرد منابع نیتروژنی ۱۰۰٪ اوره، ۷۵٪ اوره+ ۲۵٪ آزوکمپوست، ۵۰٪ اوره+ ۵۰٪ آزوکمپوست، ۲۵٪ اوره+ ۷۵٪ آزوکمپوست و ۱۰۰٪ آزوکمپوست بر گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) گزارش کردند که عملکرد مطلوب و اسانس از تیمار ۵۰٪ اوره+ ۵۰٪ آزوکمپوست حاصل شد.

بررسی امیدبیگی (Omidbaigi, 2006) نشان داد که مقدار مطلوب نیتروژن برای گیاه دارویی بادرشبی ۶۰ تا ۸۰ کیلوگرم در

1- Azocompost

2- Bradyrhizobium

3- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

4- Pseudomonas fluorescens

هکتار بود که اوایل بهار به عنوان سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. همچنین امیدبیگی (Omidbaigi, 2006) اذعان داشت که در افزودن کودهای نیتروژن باید دقت زیادی کرد، زیرا این کودها به مقدار زیادی سبب تحریک رشد رویشی گیاه شده و رشد زایشی (گل‌دهی و تشکیل میوه) را مختل می‌کند و سبب کاهش شدید عملکرد می‌گردد. همچنین افزایش نامناسب نیتروژن خاک علاوه بر کاهش عملکرد، سبب کاهش مقاومت گیاه در مقابل سرمای زمستان خواهد شد.

عامری و نصیری محلاتی (Nasiri Mahalati & Ameri 2008) با بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر میزان تولید گل و مواد مؤثره در گیاه دارویی همیشه‌بهار (Calendula officinalis L.)، معنی‌دار بودن اثر کود نیتروژن بر این گیاه را گزارش کردند و بیشترین میزان اسانس و عصاره همیشه‌بهار را مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم بیان کردند.

با توجه به اهمیت و جایگاه گیاه مرزنجوش به عنوان یک گیاه دارویی در کشور، بررسی واکنش‌های رشدی، عملکرد، کمیت و میزان اسانس این گیاه در شرایط استفاده از کودهای شیمیایی و آلی ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا به صورت فاکتوریل دو عاملی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. عامل اول سطوح مختلف کود اوره صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عامل دوم سطوح مختلف کود آلی آزوکمپوست صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. با توجه به آزمون خاک (جدول ۱) مقادیر صفر، ۲۱/۷، ۱۰۸/۷ و ۱۹۵/۷ کیلوگرم در هکتار کود اوره و با در نظر گرفتن خصوصیات خاک و کود آزوکمپوست (جداول ۱و ۲) مقادیر صفر، ۲/۲، ۱۱/۱ و ۲۰ تن در هکتار آزوکمپوست جهت تأمین مقادیر صفر (n_0 و a_0)، ۴۰ (n_1 و a_1)، ۸۰ (n_2 و a_2) و ۱۲۰ (n_3 و a_3) کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده گردید کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده گردید.

جهت برآورد مقادیر آزوکمپوست از معادلات زیر استفاده گردید:

$$A = \frac{100 \times x}{3}$$ معادله (۱)

$$B = \frac{A \times 85}{15}$$ معادله (۲)

$$C = A + B$$ معادله (۳)

که در این معادلات، A: مقدار آزوکمپوست خشک جهت تأمین مقادیر صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بر حسب کیلوگرم در هکتار، ۱۰۰: مقدار آزوکمپوست خشک بر حسب‌کیلوگرم، x: نیتروژن خالص مورد نیاز مرزنجوش معادل صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص، ۳: درصد نیتروژن موجود در آزوکمپوست، B: رطوبت موجود در آزوکمپوست مورد استفاده بر حسب کیلوگرم در هکتار، ۸۵: درصد رطوبت موجود در آزوکمپوست، ۱۵: درصد ماده خشک آزوکمپوست و C: آزوکمپوست مورد نیاز بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک منطقه‌ی اجرای آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

بافت Texture	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	EC (دسی-زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Available K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی گرم بر کیلوگرم) Available P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
لومی سیلتی Silty loamy	0.19	1.4	7.4	125	12.8	0.091

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی کود آزوکمپوست مورد استفاده در آزمایش
Table 2- Chemical characteristics of azocompost fertilizer used in the experiment

کربن: نیتروژن C:N	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (%)	EC (دسی-زیمنس بر متر) ($dS.m^{-1}$)	pH	پتاسیم (درصد) K (%)	فسفر (درصد) P (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)
10.32	28.91	2.9	6.2	1.34	1.4	3

کشت مرزنجوش به وسیله تکثیر رویشی انجام شد. بوته‌های چهارساله مرزنجوش از یک کلونی از روستای درب رز بخش خضرآباد شهرستان صدوق یزد تهیه شد. بعد از تعدیل دما در ۱۷ فروردین‌ماه ۱۳۹۲، بوته‌های تقسیم‌شده مرزنجوش به زمین اصلی با فواصل ۵۰ سانتی‌متر بین ردیف و ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف به روش کشت جوی و پشته به داخل هر کرت آزمایشی (۵×۲ متر) انتقال داده شد (Omidbaigi, 1997). تمامی کود آزوکمپوست و یک سوم از کود شیمیایی اوره هم‌زمان با کشت به کرت‌های مربوطه اضافه و دو سوم باقیمانده کود نیتروژن در ابتدای ساقه دهی استفاده شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا آخر فصل رشد به روش نشتی و هفت روز یک‌بار انجام شد. کنترل علف‌های هرز که غالباً پیچک (*Convolvulus arvensis* L.)، اویارسلام (*Cyperus spp.*) و سوروف (*Echinochloa crus-galli* L.) بودند در سه نوبت توسط وجین دستی انجام گرفت.

مراحل رشدی گیاه بر اساس رسیدن ۵۰ درصد گیاهان مورد نظر به یک مرحله رشدی مشخص تعیین شد. در نیمی از هر واحد آزمایشی (۲/۵×۲ مترمربع) پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و صفاتی از جمله ارتفاع بوته و قطر تاج بوته، تعداد شاخه جانبی، تعداد گل، وزن خشک گل، وزن خشک برگ و سطح برگ در هر بوته اندازه‌گیری شد. ارتفاع و قطر تاج بوته با استفاده از خط‌کش و وزن خشک گل‌ها و برگ‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم تعیین شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج (مدل LI-COR) استفاده گردید. پیکر رویشی بعد از برداشت (۲۳ تیرماه سال ۱۳۹۲) در زمان گل‌دهی جهت تعیین مواد مؤثره به آزمایشگاه انتقال داده شد. اسانس نمونه‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر از ۴۰ گرم پیکر رویشی خشک‌شده که در مرحله‌ی گل‌دهی کامل جمع‌آوری شده بود به روش تقطیر با بخار آب استخراج و اندازه‌گیری شدند (Omidbaigi, 2006). سپس عملکرد اقتصادی پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای کرت در سطحی معادل ۱/۵ مترمربع محاسبه و عملکرد اسانس از حاصل‌ضرب عملکرد محصول در درصد اسانس به دست آمد.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 9.2 و مقایسه‌ی میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی آزوکمپوست بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده مرزنجوش به جز شاخص برداشت و درصد اسانس معنی‌دار بود ($p\leq0.05$) (جدول ۳). اثرات دوگانه برای تمامی صفات به جز درصد اسانس مرزنجوش معنی‌دار بود (جدول ۳).

بررسی اثرات ساده سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه مرزنجوش

با توجه به جدول ۴، سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر متفاوتی بر خصوصیات کمی و کیفی مرزنجوش داشتند، به طوری‌که کاربرد سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز قطر تاج گیاه، شاخص برداشت و درصد اسانس دارای بیشترین مقدار معنی‌دار بود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات کمی و کیفی گیاه مرزنجوش وحشی در پاسخ به کود آزوکمپوست و اوره

Table 3- **Analysis of variance (mean square) some of quantitative and qualitative characteristics wild marjoram in response to azocompost and urea**

تعداد گل در بوته Number of flower	تعداد شاخه‌های جانبی Number of branch	قطر تاج گیاه Canopy area	ارتفاع بوته Height	منابع تغییرات S.O.V
6909.35**	3151.08**	13.79**	46.52**	اوره Urea
6562.01**	2976.70**	19.90**	44.52**	آزوکمپوست Azocompost
3174.12**	1439.92**	27.40**	21.53**	اوره×آزوکمپوست Urea*Azocompost
260.48	122.40	2.45	1.68	خطا Error
4.93	4.97	6.78	4.87	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

سطح برگ در هر مترمربع Leaf area index	وزن خشک برگ Dry weight of leaf	وزن خشک گل Dry weight of flower	وزن خشک کل پیکر رویشی Total dry weight	
0.05**	43243.02**	40900.71**	159034.71**	اوره Urea
0.05**	31364.97**	29162.37**	140049.06**	آزوکمپوست Azocompost
0.02**	17518.80**	16599.20**	77721.39**	اوره×آزوکمپوست Urea*Azocompost
0.00	1917.50	1770.26	10574.04	خطا Error
4.5	5.47	5.11	5.55	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

عملکرد اسانس Essential oil yield	درصد اسانس Essential oil	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد اقتصادی Economic yield	
68.21**	0.00ns	9.54ns	168127.87**	اوره Urea
105.71**	0.10**	11.27ns	121012.01**	آزوکمپوست Azocompost
25.85**	0.01ns	12.98*	68009.39**	اوره×آزوکمپوست Urea*Azocompost
4.36	0.00	4.44	7139.00	خطا Error
7.84	4.61	2.40	7.14	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

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

*, ** and ns: significant at the level 0.05, 0.01 and not significant, respectively.

در مورد ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد گل در بوته، وزن خشک گل، وزن خشک برگ و عملکرد اقتصادی سطح ۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار و سطح صفر با ۱۵ درصد اختلاف معنی‌دار به ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر را داشتند (جدول ۴). عامری و نصیری محلاتی (Ameri & Nasiri Mahalati 2008) با بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر میزان تولید گل و مواد مؤثره در گیاه دارویی همیشه‌بهار معنی‌دار بودن اثر کود نیتروژن بر این گیاه را گزارش کردند.

کاربرد ۴۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن با تولید بیشترین قطر تاج گیاه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در خصوص وزن خشک کل پیکر رویشی تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار با ۱۲ درصد اختلاف نسبت به شاهد، از بیشترین میزان برخوردار بود.

گیاهان تیمار شده با ۴۰ کیلوگرم نیتروژن با اختلاف ۱۷ درصد نسبت به شاهد دارای بیشترین سطح برگ در مترمربع بودند (جدول ۴). سوتیروپلو و کارامونوس (Sotiropoulou & Karamanos,

2010) با بررسی چهار سطح نیتروژن صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نشان دادند که کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری بر عملکرد رویشی *O. vulgare* L. تأثیر داشت و میزان ۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب رشد بهینه گیاه و سبب بهبود عملکرد شد.

کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی اوره تأثیری بر شاخص برداشت و درصد اسانس گیاه نداشت. با توجه به تحقیقات عزیزی و همکاران (Aziz et al. 2009) کاربرد مقادیر بالای نیتروژن باعث کاهش درصد اسانس در گیاه مرزنجوش وحشی شد. در این رابطه آن‌ها اذعان داشتند، نیتروژن زیاد به علت افزایش اندازه‌ی سلول‌های حاوی اسانس و کاهش غلظت اسانس در اندام‌های گیاهی باعث کاهش درصد اسانس می‌شود. نتایج مشابهی نیز توسط سایر محققین به دست آمده است (Boyle et al., 1991; Baranauskene et al., 2003; Omer, 1999).

گیاهان تیمار شده با ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار با اختلاف ۱۷ درصدی نسبت به گیاهان تیمار شده با صفر، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد اسانس در هکتار بودند (جدول ۴).

بر اساس نتایج موجود در جدول ۵ اثرات ساده کاربرد سطوح مختلف آزوکمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی مرزنجوش معنی‌دار بود ($p\leq0.05$). در مورد ارتفاع بوته گیاهان تحت تیمار با ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص آزوکمپوست با ۱۷ درصد اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد از بیشترین ارتفاع برخوردار بودند. قطر تاج بوته در شاهد با ۲۱/۳۳ سانتی‌متر از کمترین مقدار نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. گیاهان تیمار شده با ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص آلی به ترتیب با ۱۱ و ۱۵ درصد نسبت به شاهد از بیشترین تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته برخوردار بودند (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین خصوصیات کمی و کیفی مورد مطالعه گیاه مرزنجوش وحشی تحت سطوح مختلف کود اوره

Table 4- Mean Comparison of quantitative and qualitative traits of wild marjoram in response to urea

تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	سطوح مختلف نیتروژن Different levels of nitrogen
304.43^{c}	206.88^{c}	21.75^{c}	24.75^{c}**	n_0*
360.14^{a}	244.44^{a}	23.58^{ab}	29.33^{a}	n_1
316.15^{bc}	214.58^{bc}	22.83^{bc}	25.75^{bc}	n_2
328.43^{b}	222.91^{b}	24.25^{a}	26.75^{b}	n_3
سطح برگ در هر مترمربع Leaf area index	**وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf ($kg.ha^{-1}$)**	**وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)**	**وزن خشک کل پیکر رویشی (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)**	
0.87^{c}	754.58^{c}	775.82^{c}	1762.83^{b}	n_0
1.04^{a}	883.42^{a}	904.17^{a}	2016.43^{a}	n_1
0.91^{bc}	757.67^{c}	785.68^{c}	1782.98^{b}	n_2
0.95^{b}	800.83^{b}	827.22^{b}	1848.90^{b}	n_3
عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)	**درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)**	**شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)**	**عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield ($kg.ha^{-1}$)**	
25.12^{b}	1.63^{a}	86.94^{a}	1530.40^{c}	n_0
30.10^{a}	1.67^{a}	88.47^{a}	1787.59^{a}	n_1
25.02^{b}	1.62^{a}	86.61^{a}	1543.34^{c}	n_2
26.21^{b}	1.61^{a}	88.09^{a}	1628.05^{b}	n_3

* (n_0، n_1، n_2 و n_3: به ترتیب سطوح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (n_0, n_1, n_2 and n_3 are four levels of urea: 0, 40, 80 and 120 kg $N.ha^{-1}$).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

گیاهان تیمار شده با ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن آزوکمپوست و شاهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن خشک کل پیکر رویشی، وزن خشک گل و برگ برخوردار بودند. گیاهان تحت تیمار با ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و گیاهان شاهد با اختلاف ۱۶ سانتی‌مترمربع سطح برگ از یکدیگر به ترتیب دارای بیشترین و کمترین سطح برگ بودند (جدول ۵).

گیاهان تیمارشده با ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی بیشترین عملکرد اقتصادی را داشتند و گیاهان تیمار شده با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن آلی و شاهد دارای کمترین عملکرد اقتصادی بودند (جدول ۵).

تیمارهای ۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی بیشترین تأثیر را بر شاخص برداشت داشتند درحالی‌که گیاهان تیمار شده با ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی از کمترین مقدار برخوردار بود. با افزایش مقادیر کود آلی آزوکمپوست درصد اسانس افزایش یافت به طوری که گیاهان تحت تیمار با ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن آلی با اختلاف ۱۰ درصد نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند (جدول ۵). از لحاظ عملکرد اسانس گیاهان شاهد به ترتیب با کاهش ۶/۵ کیلوگرم در هکتار اسانس (۲۲ درصد) و ۵/۶ کیلوگرم در هکتار اسانس (۲۰ درصد) نسبت به تیمارهای ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی از کمترین عملکرد برخوردار بودند (جدول ۵). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) استفاده از آزوکمپوست را به دلیل بهبود شرایط خاک، تأمین عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم و سایر ریزمغذی‌ها، رشد بهتر ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی را باعث افزایش ارتفاع گیاه بادرشبی دانستند.

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات کمی و کیفی مورد مطالعه گیاه مرزنجوش وحشی تحت سطوح مختلف کود آزوکمپوست

Table 5- Mean Comparison of quantitative and qualitative traits of wild marjoram in response to azocompost

سطوح مختلف آزوکمپوست different levels of azocompost	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)
a_0*	23.91^{c}**	21.33^{b}	199.94^{c}	294.20^{c}
a_1	26.91^{b}	23.41^{a}	224.30^{b}	330.47^{b}
a_2	28.41^{a}	24.41^{a}	236.80^{a}	348.89^{a}
a_3	27.33^{b}	23.25^{a}	227.77^{ab}	335.59^{ab}

	وزن خشک کل پیکر رویشی (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight (kg.ha^{-1})	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower (kg.ha^{-1})	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf (kg.ha^{-1})	سطح برگ در هر مترمربع Leaf area index
a_0	1692.84^{b}	752.36^{b}	725.83^{b}	0.84^{c}
a_1	1881.58^{a}	831.36^{a}	807.17^{a}	0.95^{b}
a_2	1918.42^{a}	865.45^{a}	843.50^{a}	1.00^{a}
a_3	1918.29^{a}	843.71^{a}	820.00^{a}	0.97^{b}

	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha^{-1})
a_0	1478.20^{b}	87.34^{ab}	1.54^{b}	22.87^{c}
a_1	1638.53^{a}	87.10^{ab}	1.56^{b}	25.64^{b}
a_2	1708.95^{a}	88.94^{a}	1.71^{a}	29.41^{a}
a_3	1663.71^{b}	86.74^{b}	1.71^{a}	28.53^{a}

* (a_0، a_1، a_2 و a_3: به ترتیب سطوح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (a0, a1, a2 and a3 are four levels of azocompost: 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

غریب و همکاران (Gharib et al. 2008) نشان دادند که کاربرد کودهای آلی ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن تر و خشک پیکر رویشی گیاه و در نهایت، درصد اسانس گیاه مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) را افزایش داد.

بررسی اثرات متقابل سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی آزوکمپوست بر شاخص‌های کمی و کیفی گیاه مرزنجوش

ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته در گیاهان تیمار شده با n_1a_2 و تیمار شاهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر بودند (جدول ۶). به نظر می‌رسد که بهبود خواص کمی در گیاهان تیمار شده با ترکیب دو کود آلی و شیمیایی به سبب استفاده از آزوکمپوست در تأمین مناسب عناصر غذایی و جلوگیری از آب شویی کود اوره، باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته شد (Yousefzadeh et al., 2013).

با توجه به جدول ۶ افزایش سطوح کود نیتروژن و سطوح کود آزوکمپوست از صفر تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب موجب افزایش ۳۳ و ۳۹ درصد در ارتفاع گیاهان شد، لذا کاربرد آزوکمپوست به تنهایی نتایج بهتری نسبت به کود شیمیایی نیتروژن داشت. در مورد قطر تاج بوته سطوح کود نیتروژن شیمیایی ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر نسبت به تیمار شاهد برتری داشتند. افزایش سطح کود آلی آزوکمپوست نیز سبب افزایش معنی‌دار قطر تاج بوته شد به طوری که تیمارهای n_0a_2 و n_0a_3 نسبت به دو تیمار دیگر دارای تفاوت معنی‌دار بودند. گیاهان تیمار شده با n_1a_2 به ترتیب با افزایش معنی‌دار ۴۵ و ۴۶ درصدی نسبت به شاهد از تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته بیشتری برخوردار بودند. گیاهان تیمار شده با ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن به ترتیب با ۲۸، ۲۸ و ۳۳ درصد نسبت به شاهد دارای تعداد گل در بوته بیشتری بودند، درحالی‌که برای همین سطوح ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم کود آلی آزوکمپوست افزایش تعداد گل در بوته به ترتیب برابر با ۲۶، ۳۳ و ۳۸ درصد بود.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود اوره (n) و آزوکمپوست (a) بر ارتفاع بوته، قطر تاج گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی و تعداد گل در بوته گیاه مرزنجوش وحشی

Table 6- Mean Comparison of interactions of urea (n) and azocompost (a) on height, canopy, number of branch and number of flower of wild marjoram

تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)	تیمار Treatment
223.24^{f}	152.55^{f}	14.00^{d}	18.00^{f}**	n_0a_0*
302.85^{e}	205.55^{e}	21.33^{c}	24.66^{e}	n_0a_1
331.50^{cde}	225.00^{cde}	26.00^{a}	27.00^{cde}	n_0a_2
360.15^{bc}	244.44^{bc}	25.66^{a}	29.33^{bc}	n_0a_3
311.04^{de}	211.11^{de}	23.00^{abc}	25.33^{de}	n_1a_0
356.06^{bc}	241.66^{bc}	24.66^{ab}	29.00^{bc}	n_1a_1
409.26^{a}	277.77^{a}	24.66^{ab}	33.33^{a}	n_1a_2
364.24^{b}	247.22^{b}	22.00^{bc}	29.66^{b}	n_1a_3
311.04^{de}	211.11^{de}	23.66^{abc}	25.33^{de}	n_2a_0
331.50^{cde}	225.00^{cde}	23.00^{abc}	27.00^{cde}	n_2a_1
315.13^{de}	213.88^{de}	22.33^{bc}	25.66^{de}	n_2a_2
306.94^{e}	208.33^{e}	22.33^{bc}	25.00^{e}	n_2a_3
331.50^{cde}	225.00^{cde}	24.66^{ab}	27.00^{cde}	n_3a_0
331.50^{cde}	225.00^{cde}	24.66^{ab}	27.00^{cde}	n_3a_1
339.69^{bcd}	230.55^{bcd}	24.66^{ab}	27.66^{bcd}	n_3a_2
311.04^{de}	211.11^{de}	23.00^{abc}	25.33^{de}	n_3a_3

* (a_0–n_0، a_1–n_1، a_2–n_2 و a_3–n_3 به ترتیب سطوح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (n_0-a_0, n_1-a_1, n_2-a_2 and n_3-a_3 are four levels of 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

لذا سطوح ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن آلی بـه انـدازه ۵ درصد نسبت به کود شیمیایی برتری داشـتند (جـدول ۶). مطـابق بـا نتایج این تحقیق خندان (Khandan, 2004) نشان داد که استفاده از کود آلی کمپوست نتـایج بهتـر و معنـی‌داری نسـبت بـه تیمـار کـود شیمیایی بر خواص کمی گیاه اسفرزه (*Plantago ovata* L.) داشت. در آزمایشی دیگر طهماسبی سروستانی (Tahmasebi Sarvestani, 2011) گزارش کردند که اثر تیمار تغذیه تلفیقی آزوکمپوست و اوره بر عملکرد کلزا نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. از آنجایی کـه کـود نیتروژن باعث افـزایش میـزان فتوسـنتز و در نتیجـه افـزایش ذخیـره کربوهیدرات گیاه می‌شود، کـاربرد ایـن گونـه کودهـا باعـث افـزایش عملکرد گیاه می‌شود (Franz, 1983). به نظر می‌رسد کاهش عملکرد به سبب مصرف مقادیر بالای نیتروژن خـالص در هکتـار احتمـالاً بـه دلیل تنش املاح باشد (Alizadeh Sahzabi et al., 2007). ظـاهراً استفاده از کودهای آلی به سبب افزایش هوموس و مـواد آلـی خـاک، ویتامین‌ها، هورمون‌ها، و آنزیم های گیاهی که در کودهای شـیمیایی وجود ندارند، را در خاک افزایش داده و بـدین ترتیـب سـبب افـزایش کمیت و کیفیت محصول شده است (Alam, 2004).

از لحاظ وزن کل پیکر رویشی گیاهان تیمار شده بـا n_1a_2 بـا ۳۷ درصد بیشتر نسبت به تیمار عدم کاربرد کـود دارای تفـاوت معنـی‌دار بودنـد (جـدول ۷). افـزایش سـطح کـود شـیمیایی نیتـروژن و کـود آزوکمپوست از صفر تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن به ترتیب با ۲۶ درصد و ۳۴ درصد موجب افزایش وزن خشک کل گیاه شدند. بـه طـوری کـه تیمار n_3a_0 با ۱۰ درصد کمتر نسبت به تیمار n_0a_3 به انـدازه ۲۱۰/۶۹ کیلـوگرم در هکتـار مـاده خشـک کمتـری تولیـد کـرد (جـدول ۷). سوتیروپلو و کارامونوس (Sotiropoulou & Karamanos, 2010) با بررسی چهار سطح نیتروژن صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلـوگرم در هکتـار گزارش مشابه با این تحقیق را نشان دادند به طوری آن‌ها نشان دادند که کاربرد نیتروژن به طور معنی‌داری بر عملکرد رویشی *O. vulgare* L. تأثیر داشت. گیاهان تحت تیمار با n_1a_2 با ۴۰ درصـد وزن خشـک گل بیشتر نسبت به شاهد از بیشترین مقـدار برخـوردار بـود. گیاهـان تیمار شده با سـطوح ۸۰ و ۱۲۰ کیلـوگرم در هکتـار آزوکمپوسـت در مقایسه با سطوح ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن شیمیایی بـه ترتیـب از ۵۱/۶۳ و ۶۵/۹۸ کیلوگرم در هکتار وزن خشک گل بیشتری برخوردار بود، درحالی‌که تیمار ۴۰ کیلوگرم نیتروژن آلی نسبت به همـان سـطح کود شیمیایی سبب تولید ۲۳/۷۷ کیلوگرم در هکتار وزن خشـک گـل کمتری شد (جدول ۷).

تیمار n_1a_2 با تولید ۴۲۰ کیلـوگرم در هکتـار وزن خشـک بـرگ بیشتر نسبت به شاهد از بیشترین تأثیر معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتـروژن شـیمیایی و ۸۰ کیلوگرم نیتروژن آلی بدون اختلاف معنی‌دار نسبت به یکـدیگر سـبب تولید مقادیر یکسان وزن خشک برگ شدند. اثـر متقابـل دوگانـه ۴۰ کیلوگرم کود نیتروژن و ۸۰ کیلوگرم کود آزوکمپوسـت بـا ۴۷ درصـد اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار شاهد سبب تولید بیشترین سطح برگ در مترمربع شد (جدول ۷).

محفوظ و شریف الدین (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007) نشان دادند که کاربرد کودهای بیولوژیک به صـورت تلفیـق بـا کـود شیمیایی در مقایسه با شاهد شیمیایی رشـد رویشـی و عملکـرد مـاده خشـک گیـاه دارویـی رازیانـه (*Foeniculum vulgare* Mill.) را افزایش داد. در تحقیقی دیگر تأثیر کودهای آلـی بـر رشـد و عملکـرد گیاه دارویی مرزنجـوش بسـتانی بررسـی شـد، نتـایج نشـان داد کـه کودهای زیستی سبب افزایش طول سـاقه، وزن ریشـه، تعـداد بـرگ، تعداد گره و وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد (تیمار بـدون کـود) شد (Banchio et al., 2008) و علـت افـزایش رشـد بهبـود شـرایط فیزیکی خاک عنوان شد. ظـاهراً در ایـن تحقیـق نیـز کودهـای آلـی کمپوست با بهبود خصوصیات خاک و جلوگیری از آبشـویی کـود اوره سبب بهبود خواص کمی گیاه مرزنجوش شد.

اثـر متقابـل n_1a_2 بـا تولیـد ۸۲۵/۶ کیلـوگرم در هکتـار عملکـرد اقتصادی بیشتر نسبت به شـاهد دارای بیشـترین تـأثیر معنـی‌دار بـود (جدول ۸). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) بـا کاربرد منابع نیتروژنی ۱۰۰٪ اوره، ۷۵٪ اوره+ ۲۵٪ آزوکمپوست، ۵۰٪ اوره+ ۵۰٪ آزوکمپوسـت، ۲۵٪ اوره+ ۷۵٪ آزوکمپوسـت و ۱۰۰٪ آزوکمپوست بر گیاه دارویـی بادرشـبی گـزارش کردنـد کـه عملکـرد مطلوب از تیمار ۵۰٪ اوره+ ۵۰٪ آزوکمپوست حاصل شد. در آزمایشی دیگـر طهماسـبی سروسـتانی و مصـطفوی راد (Tahmasebi Sarvestani & Mostafavi Rad 2011) گزارش کردند که اثر تیمار تغذیه تلفیقی آزوکمپوست و اوره بـر عملکـرد کلـزا نسـبت بـه سـایر تیمارها برتری داشت.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود اوره (n) و آزوکمپوست (a) بر وزن خشک کل پیکر رویشی، وزن خشک گل، وزن خشک برگ و سطح برگ در هر مترمربع گیاه مرزنجوش وحشی

Table 7- Mean Comparison of interactions of urea (n) and azocompost (a) on total dry weight, dry weight of flower, dry weight of leaf and leaf are index of wild marjoram

تیمار Treatment	وزن خشک کل پیکر رویشی (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf ($kg.ha^{-1}$)	شاخص سطح برگ Leaf area index
n_0a_0*	1366.67^{g}**	609.18^{g}	590.00^{e}	0.63^{f}
n_0a_1	1725.87^{ef}	760.93^{ef}	738.33^{d}	0.87^{e}
n_0a_2	1889.15^{bcdef}	836.33^{cde}	810.00^{bcd}	0.95^{cde}
n_0a_3	2069.63^{ab}	896.86^{bc}	880.00^{b}	1.04^{bc}
n_1a_0	1808.88^{def}	784.70^{def}	760.00^{cd}	0.90^{de}
n_1a_1	2037.54^{abc}	898.28^{bc}	873.67^{b}	1.03^{bc}
n_1a_2	2153.33^{a}	1014.78^{a}	1010.00^{a}	1.18^{a}
n_1a_3	2065.95^{ab}	918.93^{b}	890.00^{b}	1.05^{b}
n_2a_0	1736.86^{def}	784.70^{def}	743.33^{cd}	0.90^{de}
n_2a_1	1905.44^{bcde}	829.91^{cdef}	810.00^{bcd}	0.95^{cde}
n_2a_2	1702.03^{f}	753.73^{f}	727.33^{d}	0.91^{de}
n_2a_3	1787.58^{def}	774.38^{ef}	750.00^{cd}	0.88^{e}
n_3a_0	1858.94^{cdef}	830.88^{cdef}	810.00^{bcd}	0.95^{cde}
n_3a_1	1857.46^{cdef}	836.33^{cde}	806.67^{bcd}	0.95^{cde}
n_3a_2	1929.19^{bcd}	856.98^{bcd}	826.67^{bc}	0.98^{bcd}
n_3a_3	1750.00^{def}	784.70^{def}	760.00^{cd}	0.90^{de}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

** (a_0–n_0، a_1–n_1، a_2–n_2 و a_3–n_3 به ترتیب سطوح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

* (n_0-a_0, n_1-a_1, n_2-a_2 and n_3-a_3 are four levels of 0, 40, 80 and 120 kg $N.ha^{-1}$).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

با افزایش سطوح آزوکمپوست از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن افزایش عملکرد اقتصادی برابر با ۵۷۷/۶۸ بود درحالی‌که افزایش سطوح کود شیمیایی نیتروژن از صفر به ۱۲۰ کیلوگرم سبب افزایش ۴۴۱/۷ کیلوگرم عملکرد اقتصادی شد (جدول ۸).

گیاهان تیمار شده با n_1a_2 با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها از بیشترین شاخص برداشت برخوردار بودند. و شاخص برداشت در سایر تیمارها بدون اختلاف معنی‌دار از یکدیگر بودند. گیاهان تیمار شده با n_2a_2 ،n_1a_3،n_1a_2 ،n_0a_3 ،n_0a_2 و n_3a_3 با اختلاف معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها دارای بیشترین درصد اسانس بودند. افزایش سطوح آزوکمپوست سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس نسبت به سطوح کود شیمیایی شد. به طوری که سطوح ۸۰ و ۱۲۰ آزوکمپوست با اختلاف معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر سبب افزایش درصد اسانس شدند اما در خصوص تیمار کود شیمیایی اختلاف معنی‌داری بین هیچ‌کدام از تیمارها مشاهده نشد، هرچند که با افزایش سطوح نیتروژن در هر دو نوع کود به ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مقدار اسانس کاهش یافت (جدول ۸). عزیزی و همکاران (Aziz et al. 2009) نیز کاربرد مقادیر بالای نیتروژن را سبب کاهش درصد اسانس در گیاه مرزنجوش وحشی دانستند.

گیاهان تحت تیمار با n_1a_2 و n_1a_3 با بیشترین عملکرد اسانس نسبت به سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بودند (جدول ۸). راجاسوارا (Rajeswara, 2001) گزارش کرد که کاربرد ۱۵ تن کود آلی در گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon citrates* L.) پیکر رویشی و درصد اسانس را به ترتیب ۱۰/۷ و ۱۰/۳ نسبت به شاهد افزایش داد. او اظهار داشت بهبود ظرفیت نگهداری آب و تأمین عناصر غذایی توسط کود آلی دلیل افزایش عملکرد اندام هوایی و درصد در این گیاه بوده است. همچنین او اذعان داشت بیشترین عملکرد رویشی و درصد اسانس از کاربرد تلفیقی ۱۵ تن کود دامی و ۸۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار به دست آمد. هنداوی (Hendawy, 2008) نشان داد در گیاه دارویی بارهنگ (*Plantago arenaria* L.) کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی (NPK) با کمپوست بیشترین تعداد شاخه‌ی گل دهنده را تولید کرد. کاربرد منابع نیتروژنی ۵۰٪ اوره+۵۰٪ آزوکمپوست بر گیاه دارویی بادرشبی سبب تولید اسانس مطلوب شد (Yousefzadeh et al., 2013). همچنین طهماسبی سروستانی و مصطفوی راد (Tahmasebi Sarvestani &

Mostafavi Rad 2011) در مطالعه‌ای با کاربرد منابع نیتروژن شامل آزوکمپوست، ۵۰٪ آزوکمپوست+ ۵۰٪ اوره و اوره بر ارقام کلزا (*Brassics napus* L.)، افزایش کیفیت روغن دانه‌های کلزا تحت تیمار آزوکمپوست را گزارش کردند.

نیتروژن یکی از عناصر غذایی بسیار مهم برای رشد گیاهان بوده و مطالعاتی دقیقی روی این موضوع انجام شده است. بریمانی (Barimani, 1997) با کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی نیتروژن در گیاه دارویی بادرشبی گزارش کردند که کاربرد کود نیتروژن سبب افزایش عملکرد پیکر رویشی گیاه شد و نیتروژن را عامل تشدید مسیرهای متابولیکی سنتز اجزا و ترکیبات سازنده‌ی اسانس دانستند.

نتایج ضرایب همبستگی

محاسبهٔ ضرایب همبستگی نشان داد که بیشترین همبستگی متعلق به ارتفاع بوته با تعداد شاخه‌های جانی و تعداد گل در بوته (r= ۰/۹۹**) و نیز وزن خشک گل و وزن خشک برگ با عملکرد اقتصادی (r= ۰/۹۹**) بود (جدول ۹). همچنین از بین صفات کمی مورد مطالعه تعداد شاخه‌های جانبی (r= ۰/۸۸**)، سطح برگ (r= ۰/۸۷**) و ارتفاع بوته (r= ۰/۸۶**) بیشترین همبستگی مثبت با عملکرد اقتصادی را داشتند (جدول ۹) که نشانگر اهمیت این صفات در تعیین عملکرد نهایی است.

با توجه به جدول ۹ مشاهده می‌شود که ارتفاع بوته با تمامی صفات به جز درصد اسانس و شاخص برداشت همبستگی بالایی داشت. بر این اساس می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش ارتفاع بوته در این گیاه می‌توان به عملکرد اقتصادی، عملکرد اسانس بیشتری دست یافت هر چند که نقش تعداد شاخه‌های جانبی در عملکرد دانه و عملکرد اسانس قابل چشم‌پوشی نیست.

از بین صفات کیفی وزن خشک گل، وزن خشک برگ و تعداد گل در بوته نسبت به سایر صفات همبستگی بالاتری با درصد اسانس داشتند که حاکی از نقش این صفات در افزایش میزان اسانس گیاه است.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل کود اوره (n) و آزوکمپوست (a) بر عملکرد اقتصادی، شاخص برداشت، درصد اسانس و عملکرد اسانس گیاه مرزنجوش وحشی

Table 8- Mean Comparison of interactions of urea (n) and azocompost (a) on economic yield, harvest index, essential oil and yield of essential oil of wild marjoram

تیمار Treatment	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg.ha^{-1})	شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield (kg.ha^{-1})
n_0a_0*	1199.18^{g}**	87.74^{b}	1.51^{e}	18.19^{g}
n_0a_1	1499.26^{ef}	86.87^{b}	1.57^{de}	23.60^{f}
n_0a_2	1646.33^{cde}	87.23^{b}	1.75^{ab}	28.80^{cd}
n_0a_3	1776.86^{bc}	85.94^{b}	1.68^{abcd}	29.90^{bc}
n_1a_0	1544.70^{def}	85.39^{b}	1.53^{e}	23.60^{f}
n_1a_1	1771.94^{bc}	86.96^{b}	1.56^{de}	27.75^{cde}
n_1a_2	2024.78^{a}	94.02^{a}	1.78^{a}	36.10^{a}
n_1a_3	1808.93^{b}	87.52^{b}	1.81^{a}	32.86^{ab}
n_2a_0	1528.03^{def}	88.00^{b}	1.60^{cde}	24.46^{ef}
n_2a_1	1639.91^{cdef}	86.08^{b}	1.58^{de}	26.01^{cdef}
n_2a_2	1481.06^{f}	87.10^{b}	1.69^{abcd}	25.10^{def}
n_2a_3	1524.38^{def}	85.27^{b}	1.60^{cde}	24.52^{ef}
n_3a_0	1640.88^{cdef}	88.25^{b}	1.53^{e}	25.18^{def}
n_3a_1	1642.99^{cdef}	88.50^{b}	1.53^{e}	25.19^{def}
n3a2	1683.64^{bcd}	87.39^{b}	1.64^{bcde}	27.64^{cdef}
n3a3	1544.70^{def}	88.23^{b}	1.73^{abc}	26.84^{cdef}

* (a_0–n_0، a_1–n_1، a_2–n_2 و a_3– n_3 به ترتیب سطوح صفر، ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار).

** در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌دار ندارند.

* (n_0-a_0, n_1-a_1, n_2-a_2 and n_3-a_3 are four levels of 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}).

** In each column mean a minimum of a joint letter, the 5 percent level, differences are not significant.

جدول ۹- مقادیر ضرایب همبستگی خصوصیات کمی و کیفی مورد مطالعه در گیاه مرزنجوش وحشی

Table 9- Correlation coefficient values of quantitative and qualitative traits of wild marjoram

	عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)	شاخص برداشت (برگ و گل) Harvest index (leaf & flower)	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)	تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)	قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Height (cm)
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)												1
قطر تاج گیاه (سانتی‌متر) Canopy area (cm)											1	0.69**
تعداد شاخه‌های جانبی (در بوته) Number of branch (Per plant)										1	0.68**	0.99**
تعداد گل (در بوته) Number of flower (Per plant)									1	0.97**	0.68**	0.99**
وزن خشک کل (کیلوگرم در هکتار) Total dry weight ($kg.ha^{-1}$)								1	0.93**	0.92**	0.69**	0.95**
وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of flower ($kg.ha^{-1}$)							1	0.91**	0.94**	0.97**	0.68**	0.96**
وزن خشک برگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of leaf						1	0.98**	0.92**	0.95**	0.96**	0.67**	0.89**
سطح برگ در هر مترمربع Leaf Area Index					1	0.95**	0.96**	0.93**	0.94**	0.98**	0.69**	0.95**
عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield ($kg.ha^{-1}$)				1	0.97**	0.99**	0.99**	0.88**	0.90**	0.98**	0.67**	0.96**
شاخص برداشت (بر اساس برگ و گل) Harvest index (Based on leaf & flower)			1	0.36*	0.32*	0.38**	0.30*	0.09ns	0.37*	0.34*	−0.11ns	0.33*
درصد اسانس (درصد) Essential oil (%)		1	−0.20ns	0.47**	0.46**	0.58**	0.60**	0.45**	0.58**	0.42**	0.23ns	0.47**
عملکرد اسانس (کیلوگرم در هکتار) Essential oil yield ($kg.ha^{-1}$)	1	0.78**	0.36*	0.93**	0.89**	0.92**	0.91**	0.88**	0.80**	0.89**	0.50**	0.85**

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

* and **: significant at the level 0.05 and 0.01, respectively. Ns: not significant.

همچنین وزن خشک برگ و وزن خشک گل همبستگی بالایی با عملکرد اسانس داشتند و با توجه به همبستگی بالای ارتفاع بوته و تعداد شاخه‌های جانبی با وزن خشک برگ و وزن خشک گل می‌توان با بهبود ارتفاع گیاه، عملکرد اسانس گیاه را افزایش داد (جدول ۹). یوسف زاده و همکاران (Yousefzadeh et al. 2013) با بررسی ضرایب همبستگی بین مقدار تجمع اسانس و ویژگی‌های رویشی گیاه بادرشبی نشان دادند که بین تجمع این ترکیبات و ارتفاع بوته و تعداد گل رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد که امکان اجرای این تحقیق را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Alam, Q.K. 2004. Soil Fertility and its management on organic Rice cultivation in Bangladesh. 6th IFOAM- Asia Scientific Conference "Benign Environment and Safe Food" 7th–11th September. Yangpyung/ Korea.

Al-fraihat, A.H., Al-dalain, S.Y.A., and Al-rawashdeh, Z.B. 2011. Effect of organic and biofertilizers on growth, herb yield and volatile oil of marjoram plant grown in Ajloun region, Jordan. Journal of Medicinal Plants Research 5(13): 2822-2833.

Alizadeh Sahzabi, A., Sharifi Ashorabadi, E., Shirani Rad, A., and Abaszadeh, B. 2007. The effects of different methods and levels of using nitrogen on some quality and quantity characteristics of Satureja hortensis L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 23(3): 416-431. (In Persian with English Summary)

Ameri, A.A., and Nasiri Mahalati, M. 2008. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of marigold (Calendula officinalis L.). Pajouhesh & Sazandegi (81): 133-144. (In Persian with English Summary)

Azizi, A., Yan, F., and Honermeier, B. 2009. Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (Origanum vulgare L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. Industrial Crops and Products 29: 554-561.

Banchio, E., Bogino, P.C., Zygadlo, J., and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in Origanum majorana L. Biochemical Systematics and Ecology. Biochemical Systematics and Ecology 36(10): 766-771.

Baranauskiene, R., Venskutonis, P.R., Viskelis, P., and Dambrauskiene, E. 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (Thymus vulgaris). Journal of Agriculture and Food Chemistry 51: 7751-7758.

Barimani, M. 1997. Investigating the effects of nitrogen fertilizers at different stages of plant life Deracocephalum moldavica L. and its production of essential oil. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Tarbiat Moallem University of Tehran, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Boyle, T.H., Craker, L.E., and Simon, J.E. 1991. Growing medium and fertilization regime influence growth and essential oil content of rosemary. Hortscience 26: 33-34.

Dordas, C. 2009. Foliar application of calcium and magnesium improves growth, yield, and essential oil yield of oregano (Origanum vulgare ssp. hirtum). Industrial Crops and Products 29: 599-608.

El-ghandour, I.A., Desouky, E.M., Galal, Y.G.M., Rawahia, A., and Seer, A.M.M.A. 2009. Effect of biofertilizers and organic phosphorus amendments on growth and essential oil of marjoram (Majorana hortensis L.). Academic Journal biological Science 1(1): 29-36.

Franz, C., 1983. Nutrient and water management for medicinal and aromatic plants. Acta Horticulture 132: 203-216.

Gharib, F.A., Moussa, L.A., and Massoud O.N. 2008. Effect of Compost and Bio-fertilizers on Growth, Yield and Essential Oil of Sweet Marjoram (Majorana hortensis) Plant. International Journal of Agriculture and Biology 381-387.

Hendawy, S.F. 2008. Comparative Study of Organic and Mineral Fertilization on Plantago arenaria. Plant Journal of Applied Sciences Research 4(5): 500-506.

Khandan, A. 2005. Effect of organic and chemical fertilizers on soil chemical and physical characteristics and Isabgol. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. Biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (Foeniculum vulgare Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.

Mostaphi Rad, M., Tahmasebi Sarvestani Z., Modarres Sanavy, S.A.M., and Ghalavand, A. 2010. Effect of Nitrogen Sources on Seed Yield, Fatty Acids Composition and Micro Nutrients Content in High Yielding Rapeseed (Brassica napus L.) Varieties. Seed and Plant Production Journal 2(4): 387-401. (In Persian)

Omer, E.A. 1999. Response of wild Egyptian oregano to nitrogen fertilization in a sandy soil. Journal of Plant Nutrition 22: 103-114.

Omidbigi, R. 1997. Approaches Processing Medicinal Plants. Vol. 2, Trahan Nashr publication, Tehran, Iran 196 pp. (In Persian)

Omidbigi, R. 2006. Approaches Processing Medicinal Plants. Vol. 1, Astan Ghods Razavi publisher, Mashhad, Iran. 347 pp. (In Persian)

Rajeswara, B.R. 2001. Biomass and essential oil yield of rainfed palmorosa (Cymbopogon citrates) (Roxb.) Wats. Var. motia Burk.) Supplied with different level of organic manure and fertizer in semi-arid tropical climate. Industrial Crop and Production 14: 171-178.

Safaeikhoram, M., Jafarnia, S., and Khosrosheei, S. 2008. The world's most important medicinal plants. Integrated Agricultural Education Sabziran 386 pp. (In Persian)

Sotiropoulou, D.E., and Karamanos, A.J. 2010. Field studies of nitrogen application on growth and yield of Greek oregano (Origanum vulgare ssp. hirtum (Link) Ietswaart). Industrial Crops and Products 32(3): 450-457.

Tahmasebi Sarvestani, Z., and Mostafavi Rad, M. 2011. Effect of Organic and Inorganic Nitrogen Sources on Quantitative and Qualitative Characteristics in Three Winter Rapeseed Cultivars in Arak. Electronic Journal Crop Production, Vol. 4 (3): 177-194. (In Persian with English Summary)

Vakili Shahrbabaki, M.A. 2008. Identification of Medicinal and Aromatic Plants. Islamic Azad University of Jiroft 3: 89. (In Persian)

Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sefidkon, F., Asgarzadeh, A., Ghalavand, A. and Sadat-Asilan, K. 2013. Effects of azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (Dracocephalum moldavica L.) in two regions of Iran. Food Chemistry 138(2-3):1407-1413.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۲۲-۸۱۲

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 812-822

ارزیابی تنوع گیاهان کشاورزی و تأثیرگذاری عوامل مدیریتی در منطقه شکار ممنوع قراویز و نواحی حاشیه‌ای

اشکان عسگری[۱]، کورس خوشبخت[۲*]، سعید صوفی‌زاده[۳] و جعفر کامبوزیا[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۱/۲۶

چکیده

تنوع زیستی نقش کلیدی در پیشبرد اهداف کشاورزی پایدار دارد و باعث تضمین تولید محصولات غذایی، دارویی و صنعتی می‌شود. در این مطالعه تنوع زیستی گیاهان کشاورزی و عوامل مدیریتی در سه روستای منطقه شکار ممنوع قراویز و چهار روستا در حاشیه این منطقه، در شهرستان سرپل‌ذهاب واقع در استان کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مورد نظر از طریق بازدید از مزارع و پرسشنامه جمع‌آوری گردید. از شاخص‌های غنای گونه‌ای، شانون-وینر و غالبیت سیمپسون برای محاسبه تنوع زیستی استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که گونه‌های کشاورزی موجود در منطقه مورد مطالعه به هفت تیره تعلق داشت که تیره گندمیان، حبوبات و سیب‌زمینی بیشترین سهم را به خود اختصاص دادند. گونه‌های گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) در تمامی روستاهای موجود مورد کشت و کار قرار می‌گیرند. همبستگی بین نوع مزرعه با شاخص‌های غنای گونه‌ای (۰/۴۱۹**)، شانون-وینر (۰/۴۴۹**) و غالبیت سیمپسون (-۰/۳۱۵**) معنی‌دار بود، به عبارتی آبی یا دیم بودن مزرعه بر روی شاخص‌های مذکور مؤثر بوده است. همبستگی نوع کود مصرفی با شاخص‌های غنای گونه‌ای (-۰/۴۱۳**)، شانون-وینر (-۰/۳۷۷**) و غالبیت سیمپسون (۰/۲۹۶**) نیز معنی‌دار گردید. با افزایش مصرف کودهای شیمیایی، میزان تنوع گونه‌های زراعی کاهش یافت، اما استفاده از کودهای آلی، تنوع گونه‌های زراعی را افزایش می‌دهد. همبستگی میزان مصرف کودهای آلی با شاخص غنای گونه‌ای (۰/۴۵۲**)، شانون-وینر (۰/۴۱۹**) و غالبیت سیمپسون (-۰/۳۳۸**) معنی‌دار بود. مصرف کودهای شیمیایی، آیش‌گذاری سالانه، مصرف بذر اصلاح شده، سموم شیمیایی و نهاده بیولوژیک بر روی شاخص‌های تنوع زیستی اثر معنی‌داری نداشتند. به طور کلی با بهبود مدیریت بوم‌نظام‌های کشاورزی منطقه، می‌توان ضمن افزایش تنوع زیستی سبب بهبود وضعیت پایداری در کشاورزی منطقه مورد مطالعه شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های تنوع زیستی، کودآلی، نوع مزرعه، نوع کود مصرفی

مقدمه

اهمیت حفاظت از تنوع زیستی برای حفظ محیط زیست ضروری است. در صورت از بین رفتن آن در یک ناحیه شاهد ناپایداری خواهیم بود (Johns et al., 2006). تنوع زیستی را می‌توان در سه سطح تنوع ژنتیکی، تنوع گونه‌ای و تنوع اکوسیستمی در نظر گرفت (Kuncoro et al., 2006)، که در ارتقاء عملکرد سیستم‌های کشاورزی مؤثر است (Jackson et al., 2007). تنوع زیستی کشاورزی اساسی برای سیستم‌های تولید غذا (Brush, 2004) و ارائه دهنده ارزش‌های زیباشناختی برای جوامع انسانی است (Nabhan, 1989; Zimmerer, 1991).

حفاظت از تنوع زیستی موجود در چشم‌اندازهای کشاورزی و اتخاذ شیوه‌های مبتنی بر تنوع زیستی به عنوان راهی برای بهبود پایداری تولید محصولات کشاورزی از طریق اتکای بیشتر بر روی خدمات زیست محیطی با اثرات مخرب کمتر پیشنهاد شده است (Collins & Qualset, 1998; McNeely & Scherr, 2003; MEA, 2005). در ارزیابی هزاره اکوسیستم (MEA, 2005) از تنوع زیستی به عنوان یک راهکار مهم برای مقابله با خطرات نامشخص کشاورزی در آینده نام برده شده است (Wood & Lenne, 2005).

از دست دادن تنوع زیستی کشاورزی منجر به خطرات قابل

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی
(*- نویسنده مسئول: Email: kkhoshbakht@yahoo.com)

توجهی در تأمین غذا می‌گردد (Heal et al., 2007). تحقیقات نشان می‌دهد که فرآیندهای مرتبط با سرمایه‌های اجتماعی و طبیعی برای حفاظت از تنوع زیستی از اولویت بالایی برخوردار است (Uphoff & Wijayaratna, 2000; Pretty & Smith, 2004; Katz, 2000; Rodri guez & Pascual, 2004).

اهمیت تنوع زیستی در افزایش پایداری تولید در اکوسیستم‌های کشاورزی به خوبی در متون مختلف اذعان شده است (Almekinders et al., 1995; Collins & Qualset, 1998; Altieri, 1999; Gliessman, 2007). با توجه به اهمیت فراوان تنوع زیستی کشاورزی مطالعات اندکی در ایران در این زمینه انجام شده است (Khoshbakht et al., 2009; Hashemi et al., 2009; Khoshbakht et al., 2006; Koocheki et al., 2008; Malakmohammadi et al., 2010).

نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri et al., 2005) تنوع گونه‌های زراعی ایران را بررسی نمودند و گزارش کردند که ۳۷ گونه زراعی در ایران کشت می‌شود که هفت گونه پاییزه و ۳۰ گونه بهاره می‌باشد. خوشبخت و همکاران (Khoshbakht et al., 2009) تنوع زیستی کشاورزی و فاکتورهای اجتماعی- اقتصادی را در باغ کشت‌های فریدن اصفهان بررسی و گزارش کردند که ۴۷ گونه در منطقه وجود دارد که بیشترین سهم مربوط به تیره گل رز بود. ساکنا و همکاران (Saxena et al., 2005) در بررسی تنوع زیستی کشاورزی هیمالیا اعلام کردند که دسترسی به نهاده‌ها و دسترسی به آب بر روی تنوع زیستی کشاورزی مؤثر بوده است. رحمان و همکاران (Rahman et al., 2011) اثرات شوری بر تنوع زیستی کشاورزی در سه منطقه بنگلادش بررسی کردند و نتایج نشان داد که کاهش شدید تنوع زیستی عمدتاً ناشی از افزایش شوری است که مصرف برخی از کودها بر روی این روند تأثیر داشته است. لیو و همکاران (Liu et al., 2011) عنوان کردند که در مدیریت سنتی تنوع زیستی در چشم‌انداز کشاورزی چین از تکنیک‌هایی مانند استفاده از کود آلی، تناوب و کشت مخلوط استفاده می‌شود.

با توجه به اهمیت فراوانی که تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی دارد این پژوهش با هدف بررسی تنوع گیاهان کشاورزی، محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی برای گیاهان کشاورزی و تأثیرگذاری عوامل مدیریتی مزرعه بر تنوع زیستی در روستاهای منطقه شکارممنوع قراویز و چند روستا در حاشیه آن صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه سه روستا در داخل منطقه شکار ممنوع قراویز و چهار روستا در حاشیه آن، از نظر تنوع زیستی گیاهان کشاورزی در شهرستان سرپل ذهاب واقع در استان کرمانشاه در تابستان سال ۱۳۹۰ مورد بررسی قرار گرفتند. این شهرستان دارای آب و هوایی با زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم بوده و حداکثر نزولات جوی در زمستان، مقدار کمی در بهار بوده است. بارندگی متوسط سالانه منطقه ۴۱۸ میلی‌متر، میانگین درجه حرارت آن ۲۰، حداقل مطلق ۱۰- و حداکثر مطلق دما ۴۸/۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. وسعت اراضی دیم و آبی شهرستان سرپل ذهاب به ترتیب ۱۳۸۰۰ و ۱۵۰۰۰ هکتار است.

مطالعه بر روی منطقه از طریق مشاهده مستقیم مزارع، مصاحبه با کشاورزان و کارشناسان منطقه انجام گرفته و پرسشنامه‌هایی با توجه به شرایط منطقه تهیه و تکمیل گردید. در هر روستا حداقل با ۳۰ درصد و در روستاهای کم جمعیت تا حد امکان با سرپرستان خانوارهای روستایی مصاحبه صورت گرفت. از عوامل مذکور برای محاسبه شاخص‌های غنای‌گونه‌ای، شانون-وینر و غالبیت سیمپسون هر روستا استفاده گردید. این شاخص‌ها بیشترین کاربرد را در محاسبه تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی دارند (Butturi et al., 2014). شاخص غنای گونه‌ای ساده‌ترین روش است که با توجه به تعداد گونه‌ها محاسبه می‌شود و سطح زیرکشت برروی آن بی تأثیر است (Gotelli & Colwell, 2011; Lande, 1996) در حالی‌که شاخص‌های شانون-وینر و غالبیت سیمپسون با توجه به تعداد گونه و سطح زیرکشت هرگونه محاسبه می‌شوند. شاخص‌های شانون و سیمپسون بر اساس معادله‌های (۱) و (۲)محاسبه می‌شوند (Shannon, 1948; Simpson, 1949) که H: شاخص شانون، λ: شاخص سیمپسون و P_i: سطح زیرکشت گونه iام نسبت به کل سطح زیر کشت می‌باشد.

معادله (۱)
$$H' = - \Sigma \, p_i \ln p_i$$

معادله (۲)
$$\lambda = \sum (p_i)^2$$

شاخص‌های تنوع زیستی با استفاده از نرم‌افزار تخصصی Ecological Methodology محاسبه شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Version 9.1 صورت گرفت.

جدول ۱- ویژگی‌های جغرافیایی، جمعیت شناختی و نمونه‌برداری روستاهای مورد بررسی
Table 1- Geo and demographical characteristics and sampling results of studied villages

منطقه Region	روستا Village	طول جغرافیایی Longitude	عرض جغرافیایی Latitude	ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)	تعداد خانوار Number of households	تعداد واحد نمونه برداری Number of samples	جمعیت Population
منطقه قراویز Gharaviz region	قراویز Gharaviz	45°47' E	34°29' N	573	119	40	398
	گلم‌کبودعلیا Golamkabod Olia	45°47' E	34°29' N	510	50	16	269
	دستک سفلی Dastak Sofla	45°48' E	34°32' N	522	15	12	52
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	گلم‌کبود سفلی Golamkabod Sofla	45°47' E	34°32' N	509	20	15	112
	زرین جوب Zarinjob	45°49' E	34°30' N	562	80	27	420
	ریخک Rikhak	45°49' E	34°27' N	554	12	10	92
	قره‌بلاغ Gharebolagh	45°49' E	34°29' N	530	40	14	214

نتایج و بحث

گونه‌های موجود در منطقه

گونه‌های کشاورزی موجود در منطقه مورد مطالعه به هفت تیره تعلق داشتند که تیره گندمیان، حبوبات و سیب‌زمینی بیشترین سهم را دارا بودند. گونه‌های گندم، ذرت در تمامی روستاهای موجود مورد کشت و کار قرار می‌گیرند. تعداد گونه‌های مورد کاشت در روستاهای داخل منطقه شکار ممنوع (هشت گونه) کمتر از گونه‌های موجود در روستاهای حاشیه‌ای (۱۷ گونه) می‌باشد. گیاهان گندم (*Triticum sativum* L.)، جو (*Hordeum vulgar* L.) و نخود (*Cicer arientinum* L.) در منطقه قراویز بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص دادند و با توجه به این‌که بیشتر زمین‌های منطقه دیم است گیاهانی را می‌توان کشت کرد که به شرایط کم آبی سازگار باشند همچنین گیاهانی مانند ذرت (*Zea mays* L.)، گوجه فرنگی (*Lycopersicum esculanum* Mill.) و سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) در سطح بسیار کم در مزارع آبی منطقه کشت می‌شوند (جدول ۲). بهبهانی (Behbahani, 2010) بیشترین غنای گونه‌ای در بین روستاهای مورد مطالعه در منطقه حفاظت شده جاجرود را هفت گونه در روستای مرانک گزارش کرد، در حالی‌که در این مطالعه بیشترین غنای گونه‌ای مربوط روستای گلم کبود سفلی با ۱۰ گونه می‌باشد که شرایط مناسب‌تر تنوع گونه‌های کشاورزی در این منطقه را نشان می‌دهد. حدود ۴۷ درصد از گونه‌های موجود در این روستاها جز تیره گندمیان و حبوبات می‌باشند. نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri et al., 2005) گزارش کردند که ۵۶ درصد از گونه‌های زراعی مورد کاشت در ایران به این دو تیره تعلق دارند که تقریباً مشابه نتایج این مطالعه است.

محاسبه شاخص‌های تنوع زیستی

شاخص غنای گونه‌ای نمایانگر تعداد گونه‌های موجود است و سطح زیرکشت هرگونه در مقدار این شاخص بی‌تأثیر است. در این مطالعه غنای گونه‌ای روستاهای حاشیه‌ای (۱۷ گونه) از روستاهای منطقه قراویز (هشت گونه) بیشتر بود (جدول ۳).

شاخص غنای گونه‌ای بین روستاها به وسیله آزمون کراس‌کاروالیس در سه حالت ممکن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردیده ($p\leq$۰/۰۱) که نشان‌دهنده اختلاف بین روستا از لحاظ مقدار غنای گونه‌ای می‌باشد (جدول ۴).

روستای گلم‌کبود علیا (۱/۱۴) بیشترین و زرین جوب (۰/۳۸) کمترین میزان شاخص شانون-وینر را به خود اختصاص دادند و مقایسه میانگین این شاخص بین روستاها معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) شد. بدین معنا که روستاها از این نظر با هم تفاوت دارند. مقدار این شاخص در روستاهای منطقه شکار ممنوع قراویز (۰/۸۴) بیشتر از روستاهای حاشیه‌ای (۰/۷۴) می‌باشد. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2005) مقدار شاخص شانون را برای استان کرمانشاه ۰/۹۸ گزارش کردند که به مقدار به دست آمده در این تحقیق نزدیک است.

جدول ۲- گونه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

Table 2- Observed species in studied region

نام Name		نام علمی Scientific Name	تیره Family	منطقه قراویز Gharaviz Region			منطقه حاشیه‌ای Marginal Region			
				G	G.O	D.S	G.S	Z	R	GH
گندم	Wheat	*Triticum sativum* L.	*Graminea*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
جو	Barley	*Hordeum vulgar* L.	*Graminea*	✓	✓	✓	✓	✓		✓
ذرت	Corn	*Zea mays* L.	*Graminea*	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
نخود	Chickpea	*Cicer arientinum* L.	*Leguminosae*	✓	✓	✓	✓			
عدس	Lentil	*Lens culinaris* Med .	*Leguminosae*	✓			✓			
باقلا	Bean	*Vicia faba* L.	*Leguminosae*					✓	✓	✓
برنج	Rice	*Oryza sativa* L.	*Graminea*		✓				✓	
گوجه‌فرنگی	Tomato	*Lycopersicum esculanum* Mill.	*Solanaceae*		✓		✓		✓	
خیار	Cucumber	*Cucumis sativus* L.	*Cucurbitaceae*				✓		✓	
کنجد	Sesame	*Sesamum indicum* L.	*Pedaiaceae*				✓		✓	
سیب زمینی	Potato	*Solanum tuberosum* L.	*Solanaceae*	✓						✓
پنبه	Cotton	*Gossypium. Hirsutum* L.	*Malvaceae*							✓
کلزا	Rapeseed	*Brassica rapa* L.	*Brassicaceae*							✓
بادمجان	Eggplant	*Solanum melongena* L.	*Solanaceae*			✓				
فلفل	Pepper	*Capsicum frutescens* Mill.	*Solanaceae*			✓				
یونجه	Alfalfa	*Medicago sativa* L.	*Leguminosae*							✓
بامیه	Okra	*Hibiscus esculentus* L.	*Malvaceae*						✓	

G: قراویز، G.O: گلم کبود علیا، D.S: دستک سفلی، G.S: گلم کبود سفلی، Z: زرین‌جوب، R: ریخک و GH: قره بلاغ

G :Gharaviz, G.O :Golamkabod Olia, D.S :Dastak Sofla, G.S :Golamkabod Sofla, Z :Zarinjob ,R :Rikhak and GH: Gharebolagh

جدول ۳- مقدار شاخص‌های تنوع زیستی در روستاها

Table 3- Biodiversity indices in the villages

منطقه Region	روستا Village	غنای گونه‌ای Species richness	شانون-وینر Shannon-Wiener	سیمپسون Simpson dominance
منطقه قراویز Gharaviz region	قراویز Gharaviz	6	0.69	0.53
	گلم کبود علیا Golamkabod Olia	6	1.14	0.39
	دستک سفلی Dastak Sofla	4	0.7	0.53
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	گلم کبود سفلی Golamkabod Sofla	10	0.93	0.44
	زرین جوب Zarinjob	4	0.38	0.73
	ریخک Rikhak	8	0.89	0.43
	قره بلاغ Gharebolagh	8	0.77	0.44

جدول ٤- نتایج مقایسه میانگین شاخص غنای گونه‌ای بین روستاها
Table 4- Comparison of mean species richness between villages

غنای گونه‌ای Species richness	درجه آزادی df	خی دو Chi-Square
کل منطقه Total	6	62.94**
منطقه قراویز Gharaviz region	2	20.26**
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	3	39.84**

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد
**: Significantly at α=0.01

شاخص غالبیت سیمپسون مقدار غالب بودن یک یا چند گونه در یک منطقه را از نظر سطح زیر کشت نسبت به سایر گونه‌ها یا به عبارتی تک کشتی را نشان می‌دهد. این شاخص در روستای زرین-جوب (۰/۷۳) بیشترین مقدار را داشت. مقدار بالای آن به دلیل این است که بیشتر اراضی زراعی در این روستا زیرکشت دو گونه گندم و ذرت قرار می‌گیرند و گلم‌کبودعلیا (۰/۳۹) کمترین مقدار را به خود اختصاص داد که دلیل اصلی آن یکسان بودن سطح زیرکشت گونه‌ها در این روستا می‌باشد، هرچه سطح زیرکشت گیاهان زراعی به یکدیگر نزدیک‌تر باشد مقدار این شاخص نیز کمتر خواهد شد. این شاخص حالت عکس دو شاخص دیگر بوده و مقدار آن در روستاهای حاشیه‌ای بیشتر از روستاهای واقع در منطقه قراویز بود. هاشمی (Hashemi, 2009) مقدار این شاخص را بین ۰/۴ تا ۰/۷۵ در شهرستان گچساران گزارش نمود که مشابه مقدار به دست آمده در این تحقیق است که شرایط آب و هوایی تقریباً یکسانی با منطقه مورد مطالعه دارد.

بررسی تأثیر عوامل مدیریتی بر تنوع گیاهان کشاورزی

نوع مزرعه

منظور از نوع مزرعه، آبی یا دیم بودن می‌باشد. در روستای قراویز حدود ۸۲/۵ درصد از کشاورزان فقط زمین دیم و در روستای قره بلاغ ۹۲ درصد از کشاورزان فقط زمین آبی داشتند. در منطقه قراویز ۶۲ درصد از کشاورزان فقط زمین دیم و در روستاهای حاشیه‌ای ۷۲ درصد از کشاورزان فقط زمین آبی داشته‌اند. نشان می‌دهد که بیشتر کشاورزان در منطقه قراویز به دیمکاری و در روستاهای حاشیه‌ای به کشت فاریاب مشغول هستند که یکی از دلایل آن موقیت مکانی منطقه قراویز است که با توجه به شرایطی که دارد امکان آبرسانی به این منطقه وجود ندارد (جدول ۵). وضعیت دسترسی به منابع آب در روستاهای حاشیه‌ای بهتر بوده که نتیجه آن بیشتر بودن مزارع آبی در این روستاها در مقایسه با روستای داخل منطقه قراویز است.

روستاهای دستک و گلم‌کبودسفلی بیشترین میزان انحراف معیار (به ترتیب ۰/۲۵ و ۰/۲۱) و ضریب تغییرات (به ترتیب ۷۸ درصد و ۶۴ درصد) را دارند که دلیل آن پراکندگی داده‌ها و یا این‌که در این روستاها هر سه گزینه ممکن از نظر نوع مزرعه وجود دارد. مقدار انحراف معیار (۰/۱۴)، ضریب تغییرات (۴۴٪) و خطای استاندارد (۰/۰۱۷) دو منطقه مورد نظر تقریباً مشابه است.

جدول ٥- وضعیت نوع مزارع در روستاهای مورد مطالعه
Table 5- Types of farms in the villages

روستا Village	آبی (درصد) Irrigated land (%)	دیم (درصد) Dry Land (%)	آبی-دیم (درصد) Irrigated and dry land (%)
قراویز Gharaviz	0	82.5	17.5
گلم کبود علیا Golamkabod Olia	0	31.25	68.75
دستک سفلی Dastak Sofla	8.33	50	41.67
گلم کبود سفلی Golamkabod Sofla	20	6.67	73.33
زرین جوب Zarinjob	88.89	0	11.11
ریخک Rikhak	80	0	20
قره بلاغ Gharebolagh	92.85	0	7.15
منطقه قراویز Gharaviz region	1.47	62.7	33.82
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	72.72	1.5	25.75

مقایسه روستاها با آزمون کراس‌کاروالیس بین تمام روستاها (۶۸/۲۱**)، روستاهای داخل منطقه قراویز (۱۲/۵۴**) و روستاهای حاشیه‌ای (۲۲/۲**) از لحاظ نوع مزرعه معنی‌دار بود و نشان‌دهنده تفاوت بین روستاها از نظر فاکتور مورد نظر می‌باشد (جدول ۶). نوع مزرعه یعنی آبی یا دیم بودن بر روی ادوات کاشت (۰/۰۰۵**) و داشت (۰/۰۰۲**) تأثیرگذار بوده که نوع تأثیر یا مقدار آن مشخص نیست. در مزارع آبی عموماً به ادوات بیشتری در مقایسه با دیمزارها نیاز می‌باشد، که این موضوع به خوبی در روستاهای مورد مطالعه قابل مشاهده بود.

جدول ٦- نتایج مقایسه نوع مزرعه بین روستاها

Table 6- Comparison types of farms between villages

نوع مزرعه Types of farms	درجه آزادی df	خی دو Chi-Square
کل منطقه Total	6	68.21**
منطقه قراویز Gharaviz region	2	12.54**
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	3	22.2**

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significantly at α=0.01

همبستگی بین نوع مزرعه با شاخص‌های غنای گونه‌ای (۰/۴۱۹**)، شانون–وینر (۰/۴۴۹**) و غالبیت سیمپسون (۰/۳۱۵**–) از طریق آزمون همبستگی اسپیرمن معنی‌دار بود. به عبارتی آبی یا دیم بودن مزرعه بر روی شاخص‌های مذکور مؤثر بود. در مزارع آبی به دلیل این‌که دسترسی کافی به منابع آب وجود دارد محصولات بیشتری را می‌توانند کشت کنند. فصل رشد برخی از گیاهان زراعی منطقه به خصوص آن‌هایی که رشدشان در اواخر بهار و تابستان می‌باشد با توجه به شرایط اقلیمی منطقه بارندگی در این زمان اتفاق نمی‌افتد، بنابراین، در صورتی می‌توان اقدام به کشت آن‌ها نمود که مزارع آبیاری شوند، ولی در دیمزارهای منطقه فقط گیاهان محدودی مانند گندم، جو، نخود و عدس (*Lens culinaris* Med.) مورد کاشت قرار می‌گرفتند.

نوع کود مصرفی

کشاورزان روستاهای ریخک، زرین‌جوب و قراویز بیشترین درصد کاربرد کود شیمیایی را داشتند که مصرف بیشتر کود شیمیایی در مقایسه با کودهای آلی را بیان می‌کند. هیچ‌کدام از کشاورزان در تمامی روستاهای مورد مطالعه از کودهای آلی به تنهایی استفاده نمی‌کنند، بلکه در کنار کودهای شیمیایی از این منابع آلی بهره می‌گیرند. کشاورزان گلم‌کبود علیا نسبت به کشاورزان سایر روستاها از کود آلی بیشتری استفاده می‌کنند. مصرف کود شیمیایی در بین اهالی روستاهای حاشیه‌ای از روستاهای منطقه قراویز بیشتر بوده است که دلیل آن مرتبط با نوع زراعت است زیرا در روستاهای حاشیه‌ای بیشتر مزارع آبی بودند در نتیجه نهاده‌های شیمیایی بیشتری در مقایسه با شرایط دیم مصرف می‌گردد.

کشاورزان روستاهای ریخک و زرین‌جوب از نظر کاربرد کودهای آلی و شیمیایی متفاوت‌تر از دیگر روستاها عمل می‌کنند. که دلیل آن مصرف بیشتر کودهای شیمیایی در مقایسه با کودهای آلی در این روستاها است که باعث کاهش انحراف معیار (۰/۰۱۷) و ضریب تغییرات (۷٪) در این دو روستا می‌شود. تفاوت روستاها از نظر نسبت مصرف کودهای شیمیایی و آلی بین تمام روستاها (۴۱/۱**)، روستاهای داخل منطقه قراویز (۱۴/۷**) و روستاهای حاشیه‌ای (۲۶/۸۸**) معنی‌داری می‌باشند و تفاوت بین روستاها را از نظر نوع کود مصرفی نشان می‌دهد (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین نوع کود مصرفی بین روستاها

Table 7- Comparison of mean Fertilizer type between villages

نوع کود مصرفی Fertilizer type	درجه آزادی df	خی دو Chi-Square
کل منطقه Total	6	41.1**
منطقه قراویز Gharaviz region	2	14.7**
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	3	26.88**

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significantly at α=0.01

همبستگی نوع کود مصرفی با شاخص‌های غنای گونه‌ای (۰/۴۱۳**–)، شانون–وینر (۰/۳۷۷**–) و غالبیت سیمپسون (۰/۲۹۶**) معنی‌دار شد. هرچه گرایش به مصرف کودهای شیمیایی بیشتر شود میزان تنوع گونه‌های زراعی کاهش یافته است. بنابراین شاخص‌های غنای گونه‌ای و شانون–وینر نیز کاهش خواهند یافت و غالبیت در بین تعداد محدودی از گونه‌ها افزایش می‌یابد. عموماً در روستاها با مزارع وسیع و الگوهای تک‌کشتی، مقدار مصرف کودهای شیمیایی

بیشتر بوده و همچنین با توجه به الگوهای تک کشتی تنوع‌گونه‌ای کاهش و غالبیت برخی گونه‌ها افزایش می‌یابد که همبستگی بین شاخص‌های مورد نظر را با نوع کود مصرفی توجیح می‌کند.

مصرف کودهای آلی

مصرف کودهای آلی در روستاهای قراویز، دستک، زرین‌جوب و ریخک خیلی کم بوده و در این بین گلم‌کبود علیا بیشترین مصرف کود آلی را دارد. دسترسی به کود آلی در دو منطقه قراویز و روستاهای حاشیه‌ای تقریباً مشابه بوده و در هر دو مصرف این مواد در مزارع کم است (جدول ۸).

روستاهای گلم‌کبودعلیا (۰/۱۸۷) و قراویز (۰/۱۲۹) انحراف معیار بالاتری نسبت به روستاهای دیگر داشته که دلیل آن دسترسی متفاوت کشاورزان در این روستاها به کودهای آلی می‌باشد. مقدار انحراف معیار روستاهای منطقه قراویز (۰/۱۱۸) از روستاهای حاشیه‌ای (۰/۰۵۵) بیشتر بوده، دلیل آن مقدار مصرف متفاوت کود آلی بین کشاورزان در روستا قراویز نسبت به سایر روستاها بود.

همبستگی مصرف کودهای آلی با شاخص غنای گونه‌ای (۰/۴۵۲**)، شانون–وینر (۰/۴۱۹**) و غالبیت سیمپسون (۰/۳۳۸-**) معنی‌دار بوده که با افزایش مصرف کودآلی، تنوع گونه‌های کشاورزی نیز افزایش می‌یابد و غالبیت گونه‌ها یا تک‌کشتی غالب کاهش می‌یابد. بهبهانی (Behbahani, 2010) ارتباط بین غنای گونه‌ای مزارع با میزان دسترسی به کودهای آلی در منطقه جاجرود مثبت و معنی‌دار گزارش کرد.

مصرف کودهای شیمیایی

مصرف کودهای شیمیایی در مزارع همه روستاها تقریباً متوسط بود. روستاهای ریخک، زرین جوب و قره‌بلاغ در این بین از دیگر روستاها مصرف بیشتری داشتند. مقدار مصرف کودهای شیمیایی در روستاهای حاشیه‌ای از منطقه قراویز بیشتر بود. پنجاه درصد از کشاورزان روستاهای حاشیه‌ای دسترسی زیاد به کود شیمیایی داشته در حالی‌که در منطقه قراویز حدود ۳۰ درصد است، که دلیل دسترسی کمتر روستاییان این منطقه به کودهای شیمیایی، دیم بودن مزارع می‌باشد و در طرف مقابل آن در روستاهای حاشیه‌ای بیشتر زمین‌های زراعی فاریاب بودند (جدول ۹).

جدول ۸- میزان مصرف کودهای آلی در روستاها

Table 8- The use of organic fertilizers in villages

روستا Village	صفر Zero	کمتر از ۱۰ تن در هکتار Less than 10 t.ha^{-1}	۱۰-۲۰ تن در هکتار 10 to 20 t.ha^{-1}	۲۰-۳۰ تن در هکتار 20-30 t.ha^{-1}	بیش از ۳۰ تن در هکتار More than 30 t.ha^{-1}
قراویز Gharaviz	77.5	10	7.5	5	0
گلم کبود علیا Golamkabod Olia	25	18.75	31.25	12.5	12.5
دستک سفلی Dastak Sofla	58.33	25	16.67	0	0
گلم کبود سفلی Golamkabod Sofla	26.67	33.33	26.67	13.33	0
زرین جوب Zarinjob	96.3	3.7	0	0	0
ریخک Rikhak	90	0	10	0	0
قره بلاغ Gharebolagh	42.86	7.14	42.86	7.14	0
منطقه قراویز Gharaviz region	61.77	14.6	14.7	5.88	2.95
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	68.18	10.6	16.67	4.55	0

جدول ۹- میزان مصرف کودهای شیمیایی در روستاها
Table 9- The use of chemical fertilizers in villages

روستا Village	کمتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار Less than 100 kg.ha^{-1}	۱۰۰-۲۰۰ کیلوگرم در هکتار 100-200 kg.ha^{-1}	۲۰۰-۳۰۰ کیلوگرم در هکتار 200-300 kg.ha^{-1}	۳۰۰-۴۰۰ کیلوگرم در هکتار 300-400 kg.ha^{-1}	بیشتراز ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار More than 400 kg.ha^{-1}
قراویز Gharaviz	0	10	65	25	0
گلم کبود علیا Golamkabod Olia	0	6.25	50	43.75	0
دستک سفلی Dastak Sofla	0	25	33.33	33.33	8.34
گلم کبود سفلی Golamkabod Sofla	0	26.67	53.33	20	0
زرین جوب Zarinjob	0	0	29.63	59.25	11.12
ریخک Rikhak	0	0	40	40	20
قره بلاغ Gharebolagh	0	0	21.43	71.42	7.15
منطقه قراویز Gharaviz region	0	11.77	55.88	30.88	1.47
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	0	6.06	34.85	50	9.09

در این مطالعه مقدار مصرف کودهای شیمیایی بر روی تنوع گونه‌های کشاورزی بی‌تأثیر بوده است. دلیل آن مرتبط با این موضوع است که مصرف کود در منطقه تابعی از عامل خاصی نیست و با توجه به دسترسی کشاورز به کود تعیین می‌گردد و کشاوزان بدون توجه به نیاز گیاه و خاک اقدام به کوددهی می‌کنند. همین امر باعث شده که تأثیر معنی‌داری بر تنوع گیاهان زراعی در منطقه مورد مطالعه نداشته باشند. داوری (Davari, 2010) گزارش کرد که مصرف کودهای شیمیایی بر تنوع زیستی گیاهان کشاورزی در منطقه ورامین بی‌تأثیر است. بهبهانی (Behbahani, 2010) ارتباط این فاکتور را با غنای گونه‌ای باغات در منطقه جاجرود غیر معنی‌دار اعلام کرد.

وضعیت آیش‌گذاری در منطقه

در روستاهای مورد مطالعه تعداد خیلی کمی از کشاورزان زمین-های خود را آیش می‌گذاشتند. در روستای قراویز و گلم‌کبودسفلی فقط دو نفر و یا در دستک سفلی فقط یک کشاورز اقدام به آیش-گذاری در تناوب زراعی می‌کرد و در بقیه روستاها از بین کشاورزانی که با آن‌ها مصاحبه شد هیچ‌کدام از آن‌ها زمین خود را آیش نمی-گذاشتند که دلیل آن مربوط به مسائل اقتصادی و عدم آگاهی از مزایای تناوب زراعی بود (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- بررسی وضعیت آیش‌گذاری در روستاها
Table 10- Fallow land in villages

روستا Village	بلی (درصد) Yes (%)	خیر (درصد) No (%)
قراویز Gharaviz	7.5	92.5
گلم کبود علیا Golamkabod Olia	0	100
دستک سفلی Dastak Sofla	8.33	91.67
گلم کبود سفلی Golamkabod Sofla	13.33	86.67
زرین جوب Zarinjob	0	100
ریخک Rikhak	0	100
قره بلاغ Gharebolagh	0	100
منطقه قراویز Gharaviz region	5.89	94.11
منطقه حاشیه‌ای Marginal region	3	97

مقایسه روستاها در هیچ‌کدام از حالات سه‌گانه معنی‌دار نگردید به عبارتی هیچ تفاوت معنی‌داری از نظر وضعیت آیش بین روستاها وجود ندارد. در مزارعی که از آیش فصلی در تناوب استفاده نکرده‌اند مصرف کودهای شیمیایی در این مزارع بیشتر از حالتی بوده که از آیش استفاده کرده‌اند و رابطه بین آن‌ها معنی‌دار (*۰/۰۳۹) بود. همچنین این فاکتور بر روی تنوع گونه‌های کشاورزی در این منطقه بی‌تأثیر بوده است، که دلیل آن این است که مقدار آیش‌گذاری در روستاهای مورد مطالعه بسیار ناچیز است و دلیل عدم استفاده از آیش‌گذاری توسط کشاورزان مسائل اقتصادی عنوان شد.

مصرف بذر اصلاح شده

روستاهای زرین‌جوب، قره‌بلاغ و ریخک بیشترین میزان استفاده از بذر اصلاح شده را نسبت به بقیه روستاها داشتند. بنابراین کشاورزان سایر روستاها کمتراز بذرهای اصلاح شده استفاده کرده و بذر مورد نیاز را از مزرعه خود یا دیگر کشاورزان محلی تهیه می‌کنند. مقدار دسترسی و مصرف بذر اصلاحی در مزارع روستاهای حاشیه‌ای از منطقه قراویز بیشتر می‌باشد. انحراف معیار (۰/۰۶۴) و ضریب تغییرات (۳۲٪) روستا دستک‌سفلی بالاترین مقدار را دارد که نشان‌دهنده پراکندگی داده‌های به دست آمده در این روستا می‌باشد و این‌که مصرف بذر در بین کشاورزان این روستا متفاوت است.

مقایسه میانگین تمام روستاها (**۳۸/۸۶) با یکدیگر و روستاهای داخل منطقه قراویز (**۱۰/۴۲) از نظر مصرف بذر اصلاحی معنی‌دار شد که اختلاف بین روستاها را در این زمینه نشان می‌دهد. در خانوارهایی که بانوان سرپرست خانوار بودند مصرف بذر اصلاح شده بیشتر بوده و رابطه بین آن‌ها معنی‌دار (**۰/۰۰۷) است. همبستگی معنی‌داری بین مصرف بذر اصلاحی با تنوع گیاهان کشاورزی در این منطقه وجود نداشت. در بررسی داوری (Davari, 2010) همبستگی بین مصرف بذر اصلاح شده و تنوع گیاهان کشاورزی در منطقه ورامین وجود نداشت. بنا به گزارش کارشناسان فائو (FAO, 1997) علت اصلی فرسایش ژنتیکی ارقام بومی، جایگزینی آن‌ها توسط ارقام اصلاح شده است.

نتیجه‌گیری

تنوع زیستی گیاهان کشاورزی منطقه به عنوان یک متغیر وابسته، تحت تأثیر برخی از عوامل مدیریتی مزرعه قرار می‌گیرد که با پی بردن به این عوامل و نحوه تأثیر آن‌ها می‌توان تنوع زیستی را در مزارع کنترل نموده و افزایش پایداری را موجب شد. پس از انجام مطالعه، وضعیت تنوع زیستی گیاهان کشاورزی و نقش عوامل مدیریت مزرعه بر آن در روستاهای مورد مطالعه مشخص شد. به طور کلی، میان روستاهای داخل منطقه قراویز و خارج آن تفاوت‌هایی از نظر تنوع گونه‌های کشاورزی و مدیریت مزارع وجود داشت. دلیل اصلی آن‌ها تفاوت در میزان دسترسی به منابع آبی به سبب موقعیت-های مکانی روستاها بود. در این پژوهش از بین عوامل مورد مطالعه، نوع مزرعه (آبی یا دیم)، نوع کود مصرفی و مقدار مصرف کودهای آلی بر روی شاخص‌های تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی این منطقه مؤثر بود. مقدار مصرف نهاده در کل روستاها به خصوص منطقه قراویز نسبتاً کم بود، که این موضوع در کنار افزایش تنوع می-تواند در دستیابی و اجرای کشاورزی پایدار در منطقه مؤثر باشند. همچنین با توجه به تأثیر معنی‌دار کودهای آلی بر تنوع زیستی با توصیه و ترویج بیشتر مصرف آن‌ها، می‌توان گام مؤثری در پیشرفت سامانه‌های منطقه برداشت. لذا می‌توان با برنامه‌ریزی و جهت‌دهی به این عوامل ضمن افزایش تنوع، پایداری بوم‌نظام‌های زراعی منطقه مورد مطالعه را بهبود بخشید.

منابع

1-Almekinders, C., Fresco, L., and Struik, P. 1995. The need to study and manage variation in agro-ecosystems. Netherlands Journal of Agricultural Science 43: 127-142.

2-Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture Ecosystems and Environment 74: 19-31.

3-Behbahani, A. 2010. Assessing the agrobiodiversity in Jajrood district. Thesis master, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

4-Brush, S.B. 2004. Farmers' bounty: Locating crop diversity in the contemporary world. Yale University Press, New Haven, CT, USA. 348 pp.

5-Butturi, D., Junior, M.P., Giacomini, H., and Junior, P.M. 2014. Computer intensive methods for controlling bias

in a generalized species diversity index. Ecological indicators 37: 90-98.

6-Collins, W.W., and Qualset C.O. 1998. Biodiversity in agroecosystems. Advances in Agroecology Series. CRC Press, Boca Raton, FL. 352 pp.

7-Davari, A. 2010. Assessing the trend and causes of genetic erosion of vegetables in Varamin County. Thesis master, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

8-Gliesssman, S.R. 2007. Agroecology: The Ecology of Sustainable Food Systems. CRC Press, Taylor Francis Group, Boca Raton, FL. 384 pp.

9-Gotelli, N.J., and Colwell, R.K. 2011. Estimating species richness. In: Magurran, A.E., McGill, B.J. (Eds.), Frontiers in Measuring Biodiversity. Oxford University Press, New York, NY, pp. 39-54.

10- FAO. 1998. The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, Italy.

11-Hashemi Shadegan, F., Khoshbakht, K., Mahdavi Damghani, A., Veisi, H., and Liaghati, H. 2009. A Quantitative Assessment of plant agrobiodiversity threats- a case study of Gachsaran. Environmental Sciences 4: 161-170.

12-Heal, G., Walker, B., Levin, S., Arrow, K., Dasgupta, P., Daily, G., Ehrlich, P., Maler, K., Jackson, L.E., Pascual, U., and Hodgkin, T. 2007. Utilizing and conserving agro-biodiversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 121: 196-210.

13-Johns, T., Smith I.F., and Eyzaguirre P.B. 2006. Understanding the links between agriculture and health. IFPRI. Available at Web site http://www.ifpri.org/2020/focus/focus13.

14-Katz, E.G. 2000. Social capital and natural capital: a comparative analysis of land tenure and natural resources. Land Economy 76: 114-133.

Kautsky, N., Lubchenco, J., Schneider, S., and Starrett, D. 2004. Genetic diversity and inter dependent crop choices in agriculture. Resource and Energy Economics 26: 175-184.

15-Khoshbakht, K., Hammer, K., and Amini, S. 2006. Interdisciplinary analysis of homegardens in Savadkouh, Iran: Plant uses and socioeconomic aspects. Journal of Food, Agriculture and Environmental 4: 277-282.

16-Khoshbakht, K., Rezaei, A.K., Kambouzia, J., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Agro-biological and socio-economical diversity of homegardens in fereydan region of Esfahan, Iran. Tropentag, Hamburg, Germany, 6-8 October, p. 86.

17-Koocheki, A., Nassiri, M., Glissman, S., and Zarea, A. 2008. Agrobiodiversity of field crops: a case study for Iran. Journal of Sustainable Agriculture 32: 95-122.

18-Kuncoro, S.A., Noordwijk, M.V., Martini, E., Saipothong, P., Areskoug V., Putra, A.E., and ÓConnor, T. 2006. Rapid agrobiodiversity appraisal (RABA) in the context of environmental service rewards: protocols for data collection and case studies in rubber agroforests in Bungo district, Jambi, Indonesia and fragmented forest in north Thailand. World Agroforestry Centre, ICRAF Southeast Asia Regional Office.

19-Lande, R. 1996. Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. Oikos 76: 5-13.

20-Liu, Y., Duan, M., and Yu, Z. 2011. Agricultural landscapes and biodiversity in China. Agriculture, Ecosystems and Environment 166: 46-54.

21-Malakmohammadi, I., Heidarian, N., Shbanali Fami, H., and Atri Samiee, A. 2010. Gender analysis of factors influencing agro-biodiversity conservation in Dinvar, Kermanshah province, Iran. International Journal of Sustainable Development 2: 22-33.

22-McNeely, J.A., and Scherr, S.J. 2003. Ecoagriculture: strategies to feed the world and save wild biodiversity. Island Press, Washington, DC, USA, 352 pp.

23-MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment synthesis report, Available at Web site. http://www.pbl.nl/en/publications/2005/Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report.

24-Nabhan, G.P. 1989. Enduring Seeds: Native American Agriculture and Wild Plant Conservation. North Point Press, San Francisco, CA, USA. 225 pp.

25-Nassiri, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop species in Iran. Desert Journal 10: 33-50. (In Persian with English Summary)

26-Pretty, J., and Smith, D. 2004. Social capital in biodiversity conservation and management. Conservation Biological 18: 631-638.

27-Rahman, M.H., Lund, T., and Bryceson, I. 2011. Salinity impacts on agro-biodiversity in three coastal, rural villages of Bangladesh. Ocean and Coastal Management 54: 455-468.

28-Rodríguez, L.C., and Pascual, U. 2004. Land clearance and social capital in mountain agro-ecosystems: the case of Opuntia scrubland in Ayacucho, Peru. Ecological Economics 49: 243-252.

29-Saxena, K.G., Maikhuri, R.K., and Rao, K.S. 2005. Change in agricultural biodiversity: implications for sustainable livelihood in the Himalaya. Journal of Mountain Science 2: 23-31.

30-Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal 27: 379-423.

31-Simpson, E.G. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.

32-Uphoff, N., and Wijayaratna, C.M. 2000. Demonstrated benefits from social capital: The productivity of farmer organizations in Gal Oya, Sri Lanka. World Development 28: 1875-1890.

33-Wood, D., and Lenne, J.M. 2005. Received wisdom in agricultural land use policy: 10 years on from Rio. Land Use Policy 22: 75-93.

34-Zimmerer, K.S. 1991. Managing diversity in potato and maize fields of the Peruvian Andes. Journal Ethnobiological 11: 23-49.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۳۵-۸۲۳

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 823-835

انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری

سلمان دستان[1*]، افشین سلطانی[2]، قربان نورمحمدی[3] و حمید مدنی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۰۸

چکیده

تغییر اقلیم یکی از نگرانی‌های عمدهٔ جهانی به شمار می‌رود که بخشی از آن ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌باشد. از این رو، بهبود عملیات کشاورزی به عنوان راهکاری برای تخفیف اثرات تغییر اقلیم مطرح می‌باشد. هدف از این پژوهش، تخمین انتشار دی‌اکسید کربن و گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در تولید برنج و چگونگی کاهش مصرف انرژی و انتشار دی‌اکسید کربن بود. برای این منظور سه نظام کاشت حفاظتی، بهبودیافته و رایج در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه‌ای تحقیقاتی واقع در شهرستان نکا مورد مطالعه قرار گرفتند. تمامی عملیات زراعی و اطلاعات مربوط به نظام‌های تولید و مقادیر مختلف مصرف نهاده‌ها در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ ثبت شد. نتایج نشان داد که میانگین انرژی ورودی در نظام‌های تولید برابر ۲۲۷۹۳/۰۲ مگاژول در هکتار بود که کم‌ترین میزان انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی برابر ۱۶۱۰۲/۹۸ مگاژول در هکتار حاصل شد. بیش‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری بود که بالاترین مقدار را از نظر انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی (GWP)[5] نیز به خود اختصاص داد. کود نیتروژن و سوخت در رتبه‌های دوم و سوم انتشار دی‌اکسید کربن قرار گرفتند. متوسط پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید برنج برابر ۲۳۰۷/۳۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار به دست آمد. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار تولید GWP به ترتیب برابر ۱۶۴۰ و ۲۷۲۸ کیلوگرم CO_2 در هکتار در نظام‌های کاشت حفاظتی و رایج حاصل شد. مقادیر GWP در واحد انرژی ورودی نیز در نظام کاشت حفاظتی حداقل و در نظام کاشت رایج حداکثر بود. همچنین نظام کاشت حفاظتی کم‌ترین GWP را در واحد انرژی خروجی دارا بود و نظام‌های کاشت بهبودیافته و رایج در جایگاه‌های بعدی قرار گرفتند. به طور کلی، میزان GWP ارتباط مستقیمی با شیوه مدیریت مزرعه و مصرف نهاده‌ها دارد و بر این اساس کم‌ترین مقدار این شاخص‌ها در نظام کاشت حفاظتی به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: انرژی، برنج، تغییر اقلیم، گرمایش جهانی، محیط زیست

مقدمه

گرم شدن کره زمین در نتیجهٔ انتشار گازهای گلخانه‌ای[6] یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی جهان امروز می‌باشد که زندگی آینده روی کره زمین را به مخاطره می‌اندازد (IPCC, 2007a). بخش کشاورزی نیز سهم به سزایی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه گرمایش جهانی دارا می‌باشد (Robertson et al., 2000). کاهش مصرف انرژی‌های فسیلی در نظام‌های کشاورزی می‌تواند مصرف منابع محدود انرژی را کاهش دهد و همچنین به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر شود (Dalgaard et al., 2001). نگرانی‌های مربوط به حفاظت از سوخت‌های فسیلی و انتشار گازهای گلخانه‌ای به افزایش مطالعات مربوط به کارآیی انرژی در نظام‌های تولید گیاهان زراعی منجر شده است (Koga, 2008). در پژوهشی ضمن ارزیابی انرژی ورودی در تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در منطقه گرگان مشاهده شد که از کل انرژی‌های ورودی مستقیم، سوخت مصرف شده در جریان عملیات زراعی با میانگین ۳۳۹۰ مگاژول در هکتار بیش‌ترین مقدار را دارا بود و بعد از آن تأمین نیروی برق با

۱، ۲، ۳ و ۴- به ترتیب مربی بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، استاد گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، استاد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران و دانشیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهرقدس، شهرقدس
(*- نویسنده مسئول: Email: sdastan@srbiau.ac.ir)

5- Global warming potential
6- Greenhouse gases emission

میانگین ۳۰۹ مگاژول در هکتار در جایگاه بعدی قرار داشت (Soltani et al., 2013). تیپی و همکاران (Tipi et al., 2009) با ارزیابی مصرف انرژی از ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مارمارای ترکیه نشان دادند که تولید گندم به میزان ۲۰۶۵۳/۵ مگاژول در هکتار انرژی مصرف می‌کند که از این میان انرژی ورودی سوخت با ۴۵/۱۵ درصد بیش‌ترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبال آن کودهای شیمیایی با ۳۴/۲۱ درصد (به ویژه کود نیتروژن با ۳۱/۷۷ درصد) قرار گرفتند. در تحقیقی با تجزیه و تحلیل بهره‌وری انرژی در نظام‌های کاشت مدیترانه‌ای با شدت‌های مختلف مدیریت گزارش شد که انرژی ورودی نظام‌های کم‌نهاده به طور معنی‌داری تا حدود ۳۰ درصد کاهش یافت. مهم‌ترین منبع ورودی در تولید کلزا کودهای شیمیایی (۶۴/۶۶ درصد)، سوخت دیزل (۲۴/۴۵ درصد) و آفت‌کش‌ها (۴/۱۴ درصد) بودند (Nassi et al., 2011). همچنین در مطالعه قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) میزان انرژی ورودی در نظام کاشت کم نهاده و پرنهاده گندم به ترتیب برابر ۹۳۵۴/۲ و ۴۵۳۶۷/۶ مگاژول در هکتار بود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) با ارزیابی کل انرژی مورد نیاز در مزارع لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، عدس (*Lens culinaris* L.) و نخود (*Cicer arietinum* L.) بیان داشتند که انرژی ورودی در مزارع لوبیا و عدس به ترتیب برابر ۲۳۶۶۶/۸ و ۱۴۱۱۴/۷۹ مگاژول در هکتار بود. همچنین در کشت آبی و دیم نخود میزان انرژی ورودی به ترتیب برابر ۱۵۷۵۶/۲۱ و ۲۶۳۰/۱۲ مگاژول در هکتار گزارش شد.

مهم‌ترین مسأله‌ای که امروزه توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است پدیده تغییر اقلیم و گرمایش جهانی در اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای است. مهم‌ترین گازهای گلخانه‌ای شامل دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) می‌باشند (IPCC, 2007b, c). کشاورزی به عنوان یک منبع شناخته شده و قابل توجه تولید گازهای گلخانه‌ای می‌باشد که در سال ۲۰۰۵ میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در این بخش حدود ۱۰ تا ۱۲ درصد از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای تخمین زده شد. همچنین، زراعت برنج در کشورهای در حال توسعه نیز حدود ۰/۱۱ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای مربوط به بخش کشاورزی را منتشر می‌کند (Smith et al., 2007a, b). توسعه نظام‌های زراعی با ورودی انرژی کم‌تر و بهره‌وری بالاتر می‌تواند به کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 در بخش کشاورزی کمک کند (Dalgaard et al., 2000). با مطالعه ۱۳ سناریوی تولید چغندرقند در انگلستان میانگین GWP کل ۱/۲۵ تن معادل CO_2 در هکتار به دست آمد. همچنین میانگین GWP تولیدی ۰/۰۲۴ تن معادل CO_2 به ازای هر تن چغندر برداشت شده برآورد شد که این مقدار برابر با ۰/۰۰۶۲ تن معادل CO_2 در گیگاژول انرژی خروجی بود. با توجه به شرایط متنوع تولید در هر یک از سناریوها، بیان شد که میزان GWP ارتباط مستقیمی با میزان انرژی ورودی در تولید چغندرقند دارد (Tzilivakis et al., 2005a). توسعه نظام‌های زراعی با ورودی کم‌تر و بهره‌وری زیادتر می‌تواند به کاهش انتشار گاز گلخانه‌ای CO_2 در بخش کشاورزی کمک کند (Dalgaard et al., 2000). کشاورزی و به ویژه زراعت برنج به عنوان یک عامل قابل توجه در انتشار گازهای گلخانه‌ای محسوب می‌شود. ارزیابی چرخه تولید برنج برای تعیین میزان انرژی مصرفی و نیز الگوی مصرف انرژی به منظور کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای امری ضروری می‌باشد. از این رو، هدف از این پژوهش ارزیابی انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف انرژی در نظام‌های کاشت شالیزاری در استان مازندران بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی شخصی واقع در شهرستان نکا به فاصله ۲۵ کیلومتری ایستگاه تحقیقات زراعی بایع‌کلا استان مازندران در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. محل اجرای آزمایش در امتداد ساحل دریای خزر با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی واقع شده است. این آزمایش به صورت طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. مزرعه به ۱۲ کرت آزمایشی با ابعاد ۲۰×۱۰ متر مربع تقسیم‌بندی گردید و مساحتی از زمین که برای هر نظام کاشت در نظر گرفته شد برابر ۸۰۰ متر مربع بود. فاصله بین بلوک‌ها و کرت‌ها برای جلوگیری از نفوذ آب و کودها به کرت‌های مجاور پنج متر در نظر گرفته شد. برای تأمین آب آبیاری در کرت‌های آزمایشی اقدام به پمپ نمودن آب چاه گردید. نظام‌های کاشت رایج منطقه، بهبودیافته و حفاظتی مورد مطالعه قرار گرفتند. مشخصات این نظام‌های کاشت در ادامه آورده شده است.

۱) نظام کاشت رایج منطقه: روش تهیه نشا کرتی بود. از نشاهای بالغ (۳۵ روزه) و تعداد بیش از سه نشا در هر کپه با آرایش کاشت متغیر، تصادفی و نامنظم استفاده شد. غرقابی دایم شالیزار و

حفظ سطح آب ایستابی در تمامی مراحل رشد و نمو در نظر گرفته شد. بعد از نشاکاری تا دو هفته قبل از برداشت، مزرعه به حالت غرقاب بود و از زهکشی و کاهش سطح آب ایستابی جلوگیری گردید. کودهای شیمیایی NPK از منابع اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپر فسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) به کار برده شد. تمامی فسفر و پتاسیم به صورت پایه و ۷۵ درصد کود نیتروژن به صورت پایه و ۲۵ درصد باقی‌مانده به صورت سرک در مرحله ۳۰ روز بعد از نشاکاری مصرف شد. برای کنترل علف‌های‌هرز یک بار از علف‌کش پیش‌رویشی بوتاکلر به مقدار ۳ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار و دو بار وجین دستی در ۲۸ و ۴۵ روز بعد از نشاکاری استفاده شد. مبارزه با آفات به وسیله حشره‌کش دیازینون (گرانول ۵ درصد به مقدار ۶ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و کنترل بلاست به کمک قارچ‌کش بیم (تری‌سیکلازول) به مقدار ۱/۱۳ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله ۳۰ درصد خوشه‌دهی انجام شد.

۲) نظام کاشت بهبودیافته (اصلاح شده): روش تهیه نشا کرتی بود و از نشاهای ۲۵ روزه به تعداد سه نشا در هر کپه با آرایش کاشت مربعی به فواصل ۲۵×۲۵ سانتی‌متر استفاده شد. غرقابی دایم شالیزار و یک مرتبه خروج آب میان فصل انجام شد. برای این منظور، بعد از نشاکاری اقدام به ایجاد غرقابی و حفظ آب شده و فقط در مرحله حداکثر پنجه‌زنی، خروج کامل آب انجام شد تا ترک‌هایی در کرت مشاهده گردد؛ سپس اقدام به آبیاری گردید و تا دو هفته قبل از برداشت به حالت غرقاب باقی ماند. کودهای شیمیایی NPK از منابع اوره (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار)، سوپرفسفات تریپل (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) استفاده شد. کاربرد ۵۰ درصد اوره و پتاسیم و تمامی کود فسفر به صورت پایه انجام شد. ۵۰ درصد پتاسیم و ۲۵ درصد اوره به صورت سرک در مرحله ۳۰ روز بعد از نشاکاری استعمال شد. ۲۵ درصد اوره باقی مانده در مرحله ظهور خوشه مصرف شد. برای کنترل علف‌های‌هرز یک بار از علف‌کش پیش‌رویشی بوتاکلر به مقدار ۴/۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار و دو بار وجین دستی در ۲۸ و ۴۵ روز بعد از نشاکاری استفاده شد. مبارزه با آفات نیز به وسیله حشره‌کش دیازینون (گرانول ۵ درصد به مقدار ۶ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و کنترل بلاست توسط قارچ‌کش بیم (تری‌سیکلازول) به مقدار ۰/۷۵ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله ۳۰ درصد خوشه‌دهی انجام شد.

۳) نظام کاشت حفاظتی: در طراحی این نظام کاشت سعی شد بهترین شیوه مدیریت عملیات زراعی با توجه به شرایط آب و هوایی، خصوصیات خاک و فرهنگ کشاورزان منطقه اجرا شود. برای این منظور، در شیوه خزانه‌گیری تغییر ایجاد گردید و از خزانه نشای جعبه‌ای پلاستیکی استاندارد مخصوص ماشین نشاکار استفاده شد. از نشاهای جوان ۲۰ روزه (۴-۳ برگی) و تعداد دو نشا در هر کپه با آرایش کاشت مربعی با فواصل ۳۰×۲۰ سانتی‌متر به صورت مکانیزه و به وسیله ماشین نشاکار استفاده شد. در این روش از زمان نشاکاری تا دو هفته بعد از آن، مزرعه به حالت غرقاب نگه داشته شد. سپس تا دو هفته قبل از برداشت اقدام به آبیاری تناوبی گردید، به نحوی‌که خاک مزرعه همیشه مرطوب بود. کود شیمیایی نیتروژن از منبع اوره (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود دامی به میزان ۱۰ تن در هکتار به صورت پایه قبل از نشاکاری مصرف شد. ۵۰ درصد اوره به صورت پایه و ۵۰ درصد باقی‌مانده در مرحله ظهور خوشه آغازین استفاده شد. کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم در این نظام کاشت مصرف نشد. برای کنترل علف‌های‌هرز از روتاری یا وجین‌کن سه مرتبه با فاصله هفت روز استفاده شد. مبارزه با آفات به وسیله حشره‌کش دیازینون (گرانول ۵ درصد به مقدار ۲ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار) و کنترل بلاست به کمک قارچ‌کش بیم (تری‌سیکلازول) به مقدار ۰/۳۸ کیلوگرم ماده مؤثره در هکتار در مرحله ۳۰ درصد خوشه‌دهی انجام شد.

در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اطلاعات مربوط به انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم در مساحت آزمایش اجرا شده ثبت و جمع‌آوری شدند. پس از محاسبه میزان انرژی مصرف شده در آزمایش، نتایج حاصله به مساحت یک هکتار تعمیم داده شد. برای برآورد مصرف انرژی در نظام‌های تولید، میزان ورودی‌ها و خروجی‌ها تعیین گردید. برای ارزیابی انرژی ورودی (مصرفی)، همه ورودی‌ها در هنگام اجرای عملیات زراعی با استفاده از روابط معادل‌های انرژی (ضرایب تبدیل) استخراج شده از منابع متعدد برای هر عملیات زراعی معادل‌سازی شد. سپس مقدار انرژی ورودی برای هر نهاده و عملیات محاسبه شد (جدول ۱). برای تعیین انرژی خروجی (تولیدی) به دست آمده از شلتوک و کاه و کلش، با استفاده از معادل‌های انرژی (ضرایب تبدیل) استخراج شده مربوط به شلتوک و کاه و کلش در برنج معادل‌سازی گردید. سپس مقدار کل انرژی خروجی آن‌ها به طور جداگانه محاسبه شد (جدول ۱).

برای محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی، ابتدا مقدار سوخت

مصرفی در کارخانه و انرژی مصرفی مربوط به تولید و حمل و نقل نهاده‌ها شامل: کود و سموم شیمیایی، ادوات و ماشین‌آلات و مصرف سوخت برای عملیات زراعی تعیین شد (Geen, 1987; IPCC, 2007b,c; Tzilivakis et al., 2005a,b). سپس، مقدار انتشار دی‌اکسید کربن مربوط به هر بخش محاسبه شد. برای محاسبه انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از بوجاری، ضدعفونی و حمل و نقل بذر برنج با توجه به نوع مدیریت زراعی و کیفیت بذرها در نظام‌های کاشت عامل انتشار متغیر در نظر گرفته شد (IPCC, 2007a,d; Anonymous, 2011). پس از محاسبه GWP کل، برای تخمین ردپای انرژی انتشار دی‌اکسید کربن در واحد سطح (کیلوگرم CO_2 در هکتار)، در واحد وزن (کیلوگرم CO_2 در تن شلتوک)، در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم CO_2 در گیگاژول) و در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم CO_2 در گیگاژول) محاسبه گردید (Soltani et al., 2013; Tzilivakis et al., 2005a). با توجه به این‌که، ترکیبات موجود در کود دامی باعث افزایش انتشار CH_4 و N_2O در شالیزار می‌شود. از طرفی دیگر کود دامی از طریق ترسیب کربن در خاک به کاهش انتشار خالص گازها منجر می‌شود (Maraseni et al., 2009; Wassmann et al., 2004). بنابراین، انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف کود دامی برآورد نگردید.

نتایج و بحث

تجزیه و تحلیل انرژی‌های ورودی و خروجی: میانگین انرژی ورودی در نظام‌های تولید برابر ۲۲۷۹۳/۰۲ مگاژول در هکتار بود. کم‌ترین میزان انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی برابر ۱۶۱۰۲/۹۸ مگاژول در هکتار حاصل شد. میزان انرژی ورودی در دو نظام کاشت بهبودیافته و رایج به ترتیب برابر ۲۵۴۱۲/۰۳ و ۲۶۸۶۴/۰۵ مگاژول در هکتار بود (جدول ۲).

جدول ۱- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌ها در تولید برنج

Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs for rice production

ورودی‌ها / خروجی‌ها Inputs / Outputs		واحد مصرف Unit	معادل انرژی (مگاژول در واحد) Energy equivalent (MJ.unit^{-1})	منبع Reference
بذر برنج	Rice seed	kg	25	Hatirli et al., 2006; Ozkan et al., 2004
نیروی انسانی	Human labor	h	1.96	Ozkan et al., 2007; Tipi et al., 2009
ادوات و ماشین‌آلات[الف] Machinery		h	62.7	Canakci et al., 2005; Singh et al., 2002
سوخت دیزل	Diesel fuel	L	38	Anonymous, 2008
نیروی برق	Electricity	kWh	12.1	Kaltsas et al., 2007
نیتروژن	N fertilizer	kg a.i.[b]	60.6	Akcaoz et al., 2009; Ozkan et al., 2004
فسفر	P fertilizer	kg a.i.	11.1	Akcaoz et al., 2009; Ozkan et al., 2004
پتاسیم	K fertilizer	kg a.i.	6.7	Akcaoz et al., 2009; Ozkan et al., 2004
علف‌کش	Herbicide	kg a.i.	288	Rathke and Diepenbrock, 2006 Tzilivakis et al., 2005a
حشره‌کش	Insecticide	kg a.i.	237	Rathke and Diepenbrock, 2006 Tzilivakis et al., 2005a
قارچ‌کش	Fungicide	kg a.i.	196	Deike et al., 2008
شلتوک	Paddy rice	kg	14.7	Ozkan et al., 2004; Tipi et al., 2009
کاه و کلش	Straw	kg	12.5	Iqbal, 2007; Ozkan et al., 2004

الف: این انرژی شامل ساخت، تعمیرات، نگهداری و حمل و نقل می‌باشد

A: Includes energy required for manufacture, repair and maintenance and transportation of machines

ب: a. i. نشان‌دهنده میزان ماده مؤثره می‌باشد

B: a. i. represents active ingredient

جدول ۲- بیلان انرژی‌های ورودی و خروجی (مگاژول در هکتار) در نظام‌های تولید برنج

Table 2- Input and output energy balance ($MJ.ha^{-1}$) in rice production systems

درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	میانگین Mean	Planting systems: رایج Conventional — درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	کل انرژی Total energy	Planting systems: بهبودیافته Improved — درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	کل انرژی Total energy	نظام‌های کاشت: حفاظتی Conservation — درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	کل انرژی Total energy	Item	بخش
												Inputs	ورودی‌ها
3.66	200.09	832.71	4.16	32.67	1118.28	4.07	37.70	1034.88	2.14	3.93	344.96	Labor	نیروی انسانی
5.47	244.83	1246.67	6.33	50.13	1700	5.35	25.74	1360	4.22	17.41	680	Seed	بذر
8.80	308.59	2006.40	6.30	24.29	1692.9	6.17	74.55	1567.5	17.13	69.97	2758.8	Machinery	ادوات و ماشین‌آلات
15.56	258.56	3546.67	12.02	104.52	3230	12.71	116.67	3230	25.96	109.77	4180	Fuel	سوخت
35.39	1347.80	8066.67	38.29	88.99	10285	35.71	141.97	9075	30.06	75.91	4840	Electricity	نیروی برق
20.38	758.69	4646	20.75	54.51	5575.2	21.94	107.31	5575.2	17.31	36.98	2787.6	N fertilizer	کود نیتروژن
1.56	145.01	355.20	1.98	20.81	532.8	2.10	22.73	532.8	0	0	0	P fertilizer	کود فسفر
0.98	91.18	223.33	1.25	16.77	335	1.32	13.46	335	0	0	0	K fertilizer	کود پتاسیم
4.85	258.01	1106	5.29	27.40	1422	5.60	47.86	1422	2.95	7.71	474	Insecticide	حشره‌کش
0.33	17.50	74.58	0.42	0.98	111.87	0.29	4.96	74.25	0.23	1.17	37.62	Fungicide	قارچ‌کش
3.02	292.68	688.80	3.21	31.32	861	4.74	26.78	1205.4	0	0	0	Herbicide	علف‌کش
100	2752.56	22793.02	100	400.81	26864.05	100	379.97	25412.03	100	160.02	16102.98	Total	کل انرژی مصرفی

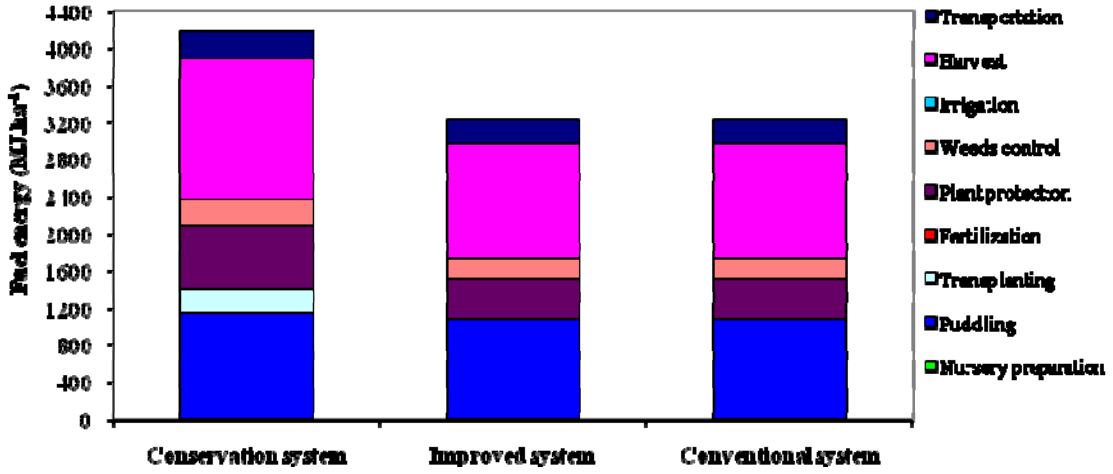
اشتباه معیار Standard error	میانگین Mean	اشتباه معیار Standard error	خروجی Output	اشتباه معیار Standard error	خروجی Output	اشتباه معیار Standard error	خروجی Output	Outputs	خروجی‌ها
169.89	6061.17	49.07	5692	52.77	6081	27.30	6412	Paddy rice yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد شلتوک (کیلوگرم در هکتار)
146.15	8178.33	33.15	8528	24.24	8070	54.10	7937	Straw yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کاه و کلش (کیلوگرم در هکتار)
2497.37	89106.5	374.36	83672.4	656.09	89390.7	735.28	94256.4	Paddy rice energy ($MJ.ha^{-1}$)	انرژی شلتوک (مگاژول در هکتار)
1826.91	102229.17	898.09	106600	2328.79	100875	1107.98	99212.5	Straw energy ($MJ.ha^{-1}$)	انرژی کاه و کلش (مگاژول در هکتار)
870.89	191335.67	680.66	190272.4	612.92	190265.7	2714.34	193468.9	Total energy ($MJ.ha^{-1}$)	کل انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)

جدول ۳- انتشار دی‌اکسید کربن بر حسب کیلوگرم CO_2 در هکتار ناشی از فعالیت‌های مختلف در نظام‌های تولید برنج

Table 3- CO_2 emission (kg CO_2 ha^{-1}) for each activities in rice production systems

درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	میانگین Mean	نظام‌های کاشت Planting systems									انتشار دی‌اکسید کربن CO_2 emission
			رایج Conventional			بهبودیافته Improved			حفاظتی Conservation			
			درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	کل انتشار Total emissions	درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	کل انتشار Total emissions	درصد از کل Total of share	اشتباه معیار Standard error	کل انتشار Total emissions	
1.30	8.81	30	1.72	3.27	47	1.29	0.94	33	0.61	0.40	10	بذر Seed
10.88	38.56	251	7.77	4.11	212	7.67	2.03	196	21.03	3.96	345	ادوات و ماشین‌آلات Machinery
11.99	20.14	276.67	9.24	1.54	252	9.87	1.54	252	19.88	2.09	326	سوخت Fuel
50.78	195.78	1171.67	54.77	39.41	1494	51.61	2.15	1318	42.87	8.80	703	نیروی برق Electricity
												کودهای شیمیایی Chemical fertilizers
14.66	55.25	338.33	14.88	3.10	406	15.90	6.73	406	12.38	3.66	203	کود نیتروژن N fertilizer
1.27	11.98	29.33	1.61	0.79	44	1.72	1.77	44	0	0	0	کود فسفر P fertilizer
0.78	7.35	18	0.99	0.35	27	1.06	0.79	27	0	0	0	کود پتاسیم K fertilizer
8.34	57.38	192.3	9.02	2.26	246	10.88	1.28	278	3.23	1.12	53	آفت‌کش‌ها Pesticides
100	275.51	2307.33	100	34.91	2728	100	22.13	2554	100	27.21	1640	پتانسیل گرمایش جهانی کل Total GWP

بیش‌ترین انرژی ورودی حاصل از سوخت در نظام کاشت حفاظتی برای عملیات برداشت (۱۵۲۱/۶ مگاژول در هکتار)، گل‌خرابی و آماده‌سازی زمین (۱۱۴۹/۱۲ مگاژول در هکتار) و حفاظت گیاه (۶۸۴ مگاژول در هکتار) بود. در این نظام تولید، انرژی ورودی مربوط به سوخت برای کنترل علف‌های‌هرز، حمل و نقل و نشاکاری نیز به ترتیب برابر با ۲۹۶، ۲۸۷/۲۸ و ۲۴۲ مگاژول در هکتار بود (شکل ۱). در دو نظام کاشت بهبودیافته و رایج بیش‌ترین انرژی سوخت برای عملیات برداشت (۱۲۲۷/۴ مگاژول در هکتار) و گل‌خرابی و آماده‌سازی زمین (۱۰۸۵/۲۸ مگاژول در هکتار) مصرف شد. انرژی سوخت برای حفاظت گیاه معادل ۴۱۹/۹ مگاژول در هکتار، حمل و نقل معادل ۲۷۱/۳۲ مگاژول در هکتار و کنترل علف‌های‌هرز معادل ۲۲۶/۱ مگاژول در هکتار بود. همچنین سهم سایر عملیات ناچیز بوده است که در شکل قابل مشاهده نمی‌باشند (شکل ۱).



شکل ۱- انرژی سوخت مصرفی در مراحل تولید برنج در سه نظام کاشت

Fig. 1- Fuel energy consumption for production operation practices in three rice production systems

بیش‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری با میانگین ۸۰۶۶/۶۷ مگاژول در هکتار (به طور میانگین ۳۵/۳۹ درصد) بود (جدول ۲). همچنین انرژی کود شیمیایی نیتروژن با میانگین ۴۶۴۶ مگاژول در هکتار (۲۰/۳۸ درصد) و سوخت با میانگین ۴۱۸۰ مگاژول در هکتار (۱۵/۵۶ درصد) در رتبه‌های دوم و سوم قرار گرفتند. در نظام‌های کاشت انرژی مصرفی ادوات و ماشین‌آلات با میانگین ۲۰۰۶/۴ مگاژول در هکتار (۸/۸ درصد) نیز سهم عمده‌ای را دارا بود. انرژی ورودی مربوط به بذر با میانگین ۱۲۴۶/۶۷ مگاژول در هکتار (۵/۴۷ درصد)، انرژی ورودی حشره‌کش‌ها با میانگین ۱۱۰۶ مگاژول در هکتار (۴/۸۵ درصد) و انرژی ورودی کارگری نیز با میانگین ۸۳۲/۷۱ مگاژول در هکتار (۳/۶۶ درصد) مجموعاً حدود ۱۴ درصد از سهم انرژی مصرفی را شامل شدند. کم‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های کاشت مربوط به قارچ‌کش با میانگین ۷۴/۵۸ مگاژول در هکتار (۰/۳۳ درصد) و کود شیمیایی پتاسیم با میانگین ۲۲۳/۳۳ مگاژول در هکتار (۰/۹۸ درصد) بود (جدول ۲). کل انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی کم‌تر از انرژی ورودی نظام‌های بهبودیافته و رایج بود. در این نظام کاشت بیش‌ترین سهم انرژی ورودی مربوط به انرژی الکتریسیته برابر ۴۸۴۰ مگاژول در هکتار (۳۰/۰۶ درصد) و سوخت با معادل ۴۱۸۰ مگاژول در هکتار (۲۵/۹۶ درصد) بود که اختلاف قابل ملاحظه‌ای با سایر ورودی‌ها نشان داد. همچنین انرژی ورودی مربوط به کود شیمیایی نیتروژن برابر ۲۷۸۷/۶ مگاژول در هکتار (۱۷/۳۱ درصد) و ادوات و ماشین‌آلات ۲۷۵۸/۸ مگاژول در هکتار (۱۷/۱۳ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. کم‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی مربوط به کود شیمیایی فسفر و پتاسیم و علف‌کش بود (جدول ۲)، که دلیل این موضوع، به سبب عدم استفاده از این نهاده‌ها

می‌باشد.

در نظام تولید بهبودیافته بیش‌ترین سهم مصرف انرژی مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری با مقدار ۹۰۷۵ مگاژول در هکتار (۳۵/۷۱ درصد) بود که در مقایسه با سایر ورودی‌ها دارای اختلاف قابل توجهی بود. انرژی کود شیمیایی نیتروژن با مقدار ۶۴۴۳ مگاژول در هکتار (۲۱/۹۴ درصد) در رتبه دوم قرار گرفت. سهم انرژی سوخت نیز در نظام بهبودیافته معادل ۳۲۳۰ مگاژول در هکتار (۱۲/۷۱ درصد) محاسبه شد. کم‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام کشت بهبودیافته مربوط به قارچ‌کش با ۷۴/۲۵ مگاژول در هکتار (۰/۲۹ درصد) بود. در نظام کاشت رایج بالاترین سهم از انرژی ورودی متعلق به نیروی برق با ۱۰۲۸۵ مگاژول در هکتار (۳۸/۲۹ درصد) و کود شیمیایی نیتروژن با ۵۵۷۵/۲ مگاژول در هکتار (۲۰/۷۵ درصد) بود که سهم قابل توجهی از کل انرژی مصرفی را شامل می‌شدند. همچنین انرژی ورودی سوخت مصرفی با ۳۲۳۰ مگاژول در هکتار (۱۲/۰۲ درصد) و ادوات و ماشین آلات با ۱۶۹۲/۹ مگاژول در هکتار (۶/۳ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۲).

کل انرژی تولیدی در نظام کاشت حفاظتی (۱۹۳۴۶۸/۹ مگاژول در هکتار) بیش‌تر از دو نظام کاشت بهبودیافته (۱۹۰۲۶۵/۷ مگاژول در هکتار) و رایج (۱۹۰۲۷۲/۴ مگاژول در هکتار) بود (جدول ۲). انرژی حاصل از عملکرد شلتوک و کاه و کلش در نظام کاشت حفاظتی به ترتیب برابر ۹۴۲۵۶/۴ و ۹۹۲۱۲/۵ مگاژول در هکتار بود. همچنین انرژی حاصل از عملکرد شلتوک و کاه و کلش در نظام کاشت بهبود یافته به ترتیب برابر ۸۹۳۹۰/۷۰ و ۱۰۰۸۷۵ مگاژول در هکتار بود که ۴۶/۹۸ درصد از آن مربوط به عملکرد شلتوک و ۵۳/۰۲ درصد آن مربوط به عملکرد کاه و کلش بود. انرژی حاصل از عملکرد شلتوک و کاه و کلش در نظام کاشت رایج نیز به ترتیب برابر با ۸۳۶۷۲/۴۰ و ۱۰۶۶۰۰ مگاژول در هکتار بود (جدول ۲). دلیل اصلی اختلافات مشاهده شده در میزان انرژی ورودی و خروجی سه نظام کاشت مورد مطالعه، تفاوت در اعمال مدیریت و میزان مصرف نهاده‌ها می‌باشد.

با توجه به نتایج به دست آمده مصرف کمتر انرژی در نظام کاشت حفاظتی را می‌توان به توسعه مکانیزاسیون و ماشین‌آلات در این نظام کاشت نسبت داد. همچنین استفاده از منابع انرژی به صورت کارآمدتر با بهینه‌سازی مصرف انواع نهاده‌های به کار رفته در نظام کاشت حفاظتی از طریق انتخاب صحیح نوع، مقدار، روش و زمان مصرف نهاده‌هایی مانند کودها و سموم شیمیایی نقش مهمی در کاهش مصرف انرژی دارد. باید یادآور شد که نیروی انسانی در اراضی شالیزاری بین انرژی‌های ورودی مستقیم به میزان زیادی مورد استفاده قرار می‌گیرد که با توسعه کاشت مکانیزه در نظام کاشت حفاظتی میزان مصرف انرژی نیروی انسانی کاهش یافت (Kizilaslan, 2009a,b). در پژوهشی مصرف انرژی در ۹۷ مزرعه گندم واقع در ایالت مارمارای ترکیه مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که تولید گندم به میزان ۲۰۶۵۳/۵ مگاژول در هکتار انرژی مصرف می‌کند که از این میان انرژی ورودی سوخت با ۴۵/۱۵ درصد بیش‌ترین سهم را در کل انرژی مصرفی داشته و به دنبال آن کودهای شیمیایی با ۳۴/۲۱ درصد (به ویژه کود نیتروژن با ۳۱/۷۷ درصد) قرار گرفتند (Tipi et al., 2009).

دلیل پایین بودن کارآیی انرژی مصرفی در دو نظام بهبود یافته و رایج در مقایسه با نظام کاشت حفاظتی را می‌توان به وابستگی زیاد این دو نظام تولید به نهاده‌های ورودی و مصرف بیش‌تر انرژی برای تولید نسبت داد که متأسفانه این نهاده‌ها بدون توجه به مسایل زیست‌محیطی مصرف می‌شوند. در پژوهش‌های دیگری نیز کارآیی انرژی در نظام‌های کاشت برنج در استرالیا و هند، میزان مشابهی را نشان داد (Iqbal, 2007; Khan et al., 2010). در تحقیقی دیگر بیش‌ترین میزان مصرف سوخت و ورودی انرژی به عملیات تهیه زمین مربوط بود (Canakci et al., 2005). از طرفی تحقیقات نشان داد که سوخت بخش اعظم انرژی ورودی را نسبت به سایر ورودی‌های مستقیم تشکیل می‌دهد (Strapatsa et al., 2006). مصرف سوخت در واحد سطح مزرعه توسط عواملی از قبیل نیروی اسب بخار تراکتور، عمق شخم، نوع خاک و غیره تحت تأثیر می‌باشد (Kaltsas et al., 2007). بنابراین، با تجزیه و تحلیل انرژی ورودی در نظام‌های کاشت برنج، می‌توان به میزان استفاده از تمام شکل‌های انرژی پی برد و از منابع محدود نظیر زمین، آب و منابع بیولوژیک برای نسل‌های آینده حفاظت نمود.

انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی

نتایج نشان داد که میانگین پتانسیل گرمایش جهانی کل ناشی از فعالیت‌های مختلف در نظام‌های کاشت برابر ۲۳۰۷/۳۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار بود. کم‌ترین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به نظام کاشت حفاظتی و بیش‌ترین مقدار آن در نظام کاشت رایج حاصل شد (جدول ۳).

در بین فعالیت‌های مختلف، انرژی ورودی نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری با میانگین ۱۱۷۱/۶۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار معادل با ۵۰/۷۸ درصد، بیشترین مقدار را از نظر انتشار دی‌اکسید کربن و گرمایش جهانی در هر سه نظام کاشت به خود اختصاص داد که در مقایسه با سایر ورودی‌ها اختلاف قابل توجهی را نشان داد. تولید و حمل و نقل کود نیتروژن با میانگین ۳۳۸/۳۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار و ۱۴/۶۶ درصد از کل انتشار، در رتبه دوم انتشار دی‌اکسید کربن در نظام‌های تولید قرار گرفت و بعد از آن سوخت با میانگین ۲۷۶/۶۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار و ۱۱/۹۹ درصد از کل قرار گرفت. ادوات و ماشین‌آلات با میانگین ۲۵۱ کیلوگرم CO_2 در هکتار و ۱۰/۸۸ درصد در جایگاه بعدی قرار گرفتند. پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از کاربرد آفت‌کش‌ها نیز با میانگین ۱۹۲/۳۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار، معادل ۸/۳۴ درصد از کل میزان انتشار دی‌اکسید کربن را به خود اختصاص داد. سهم سایر فعالیت‌های ناشی از تولید و حمل و نقل نهاده‌های زراعی قابل توجه نبود (جدول ۳).

بالاترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در نظام کاشت حفاظتی مربوط به نیروی برق و تولید و حمل و نقل نیتروژن به ترتیب برابر ۷۰۳ و ۲۰۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار (۴۲/۸۷ و ۱۲/۳۸ درصد) بود. این مقادیر در مقایسه با دو نظام کاشت بهبودیافته و رایج به میزان قابل توجهی کم‌تر می‌باشد. بیش‌ترین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از تولید و حمل و نقل کود نیتروژن به دو نظام تولید بهبودیافته و رایج اختصاص داشت. در نظام کاشت حفاظتی کودهای شیمیایی فسفر و پتاسیم استفاده نشد و به همین دلیل پتانسیل گرمایش جهانی آن‌ها صفر در نظر گرفته شد. گرمایش جهانی ناشی از کاربرد فسفر در دو نظام تولید بهبودیافته و رایج برابر ۴۴ کیلوگرم CO_2 در هکتار و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از کاربرد پتاسیم برابر ۲۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار بود (جدول ۳). مصرف سوخت در نظام کاشت حفاظتی با انتشار دی‌اکسید کربن به میزان ۳۲۶ کیلوگرم CO_2 در هکتار (۱۹/۸۸ درصد) بیش‌تر از دو نظام تولید بهبود یافته و رایج بود که دلیل آن استفاده از کاشت مکانیزه در این نظام کاشت می‌باشد. همچنین انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از ادوات و ماشین‌آلات نیز در نظام کاشت حفاظتی با ۳۴۵ کیلوگرم CO_2 در هکتار در مقایسه با دو نظام کاشت بهبود یافته (۱۹۶ کیلوگرم CO_2 در هکتار) و رایج (۲۱۲ کیلوگرم CO_2 در هکتار) بیش‌تر بود. پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از ضدعفونی، بوجاری و

جدول ٤- پتانسیل گرمایش جهانی به صورت کیلوگرم CO_2 در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در نظام‌های کاشت

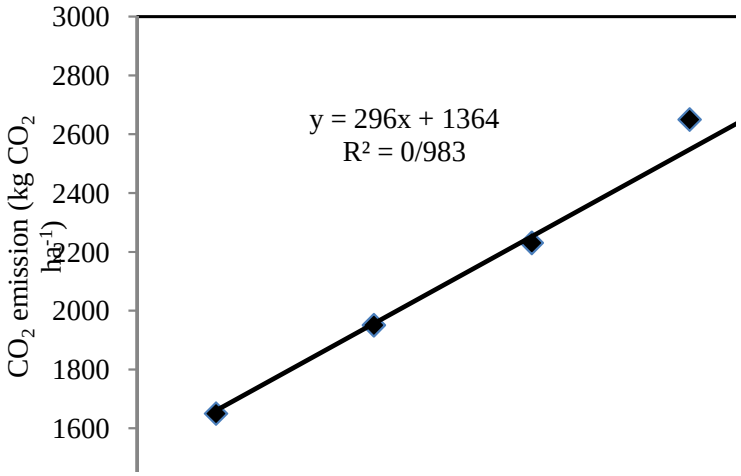
Table 4- Global warming potential (GWP) per unit area, per unit weight, per unit energy input and output in different rice production systems

شاخص‌ها Indices	نظام‌های کاشت Planting systems			میانگین Mean	اشتباه معیار Standard error
	حفاظتی Conservation	بهبودیافته Improved	رایج Conventional		
پتانسیل گرمایش جهانی Global Warming Potential (GWP)					
در واحد سطح (کیلوگرم CO_2 در هکتار) Per unit area (kg CO_2.ha^{-1})	1640	2554.4	2728.3	2307.57	275.60
در واحد وزن (کیلوگرم CO_2 در تن شلتوک) Energy footprint (kg CO_2.t^{-1})	255.8	420.1	479.3	385.07	54.59
در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم CO_2 در گیگاژول) Per unit energy input (kg CO_2.GJ^{-1})	104.1	104.8	106	104.97	0.45
در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم CO_2 در گیگاژول) Per unit energy output (kg CO_2.GJ^{-1})	8.5	13.4	14.3	12.07	1.47

حمل و نقل بذر در نظام‌های کاشت حفاظتی، بهبود یافته و رایج به ترتیب برابر ۱۰، ۳۳ و ۴۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار در نظر گرفته شد که سهم آن در نظام‌های کاشت به ترتیب برابر ۰/۶۱، ۱/۲۹ و ۱/۷۲ درصد بود. دلیل متفاوت بودن پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به کیفیت متفاوت بذرها در سه نظام کاشت بود. چون در نظام کاشت حفاظتی در مقایسه با نظام‌های کاشت بهبود یافته و رایج، انرژی کم‌تری برای ضدعفونی و بوجاری بذر مصرف شد که در نتیجه انتشار دی‌اکسید کربن نیز کاهش یافت. سهم سایر فعالیت‌ها در انتشار دی‌اکسید کربن و پتانسیل گرمایش جهانی ناچیز بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه بین انرژی‌های ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از آن‌ها نشان داد که بین انرژی‌های ورودی و پتانسل گرمایش جهانی ناشی از آن ارتباط مستقیمی وجود دارد. در همین رابطه وود و کوئیز (Wood & Cowie, 2004) بیان داشتند که انتشار گازهای گلخانه‌ای در هنگام فعالیت‌های متنوع کشاورزی یا به طور مستقیم از طریق مصرف سوخت‌های فسیلی در طی اجرای عملیات زراعی (کاشت تا برداشت) و یا به طور غیرمستقیم در زمان تولید و حمل و نقل ورودی‌های مورد نیاز مزرعه (علف‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی) به دست می‌آیند. پاتاک و واثمن (Pathak & Wassmann, 2007) نیز اعلام کردند که عملیات زراعی و غیر زراعی (تولید و حمل و نقل کودها و آفت‌کش‌ها) در تولید برنج هر کدام به ترتیب ۹۸-۸۰ و ۹۱-۱۶ کیلوگرم معادل CO_2 در هکتار پتانسیل گرمایش جهانی نقش دارند. علاوه بر این، نتایج پژوهش‌های مشابه در مزارع زیتون و چغندرقند نیز نشان داده که مصرف کودهای شیمیایی (به ویژه کود نیتروژن) و سوخت‌های فسیلی بیش‌ترین تأثیر را در انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی دارد (Kaltsas et al., 2007; Tzilivakis et al., 2005a).

میانگین پتانسیل گرمایش جهانی نظام‌های کاشت در واحد سطح برابر ۲۳۰۷/۵۷ کیلوگرم CO_2 در هکتار بود که در نظام کاشت حفاظتی حداقل (۱۶۴۰ کیلوگرم CO_2 در هکتار) و در نظام کاشت رایج حداکثر (۲۷۲۸/۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار) مقادیر مشاهده شد. در همین رابطه مقدار کل پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح برای محصولات سیب‌زمینی، گندم، کلزای روغنی، جو و نخود را به ترتیب برابر با ۳، ۱/۷، ۱/۲، ۰/۷ و ۰/۷ تن معادل CO_2 در هکتار برآورد شد (Tzilivakis et al., 2005b). پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی ورودی نیز با میانگین ۱۰۴/۹۷ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول در نظام کاشت حفاظتی حداقل (۱۰۴/۱ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول) و در نظام کاشت رایج حداکثر (۱۰۶ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول) مقدار را به خود اختصاص داد. میانگین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی برابر ۱۲/۰۷ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول بود. نظام کاشت حفاظتی با ۸/۵ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول کم‌ترین پتانسیل گرمایش جهانی را در واحد انرژی خروجی دارا بود و نظام کاشت بهبود یافته با ۱۳/۴ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول در رتبه دوم قرار گرفت. نظام کاشت رایج نیز با ۱۴/۳ کیلوگرم CO_2 در گیگاژول بیش‌ترین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد انرژی خروجی را به خود اختصاص داد (جدول ۴). کم‌ترین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد وزن شلتوک در نظام کاشت حفاظتی مشاهده شد که برابر ۲۵۵/۸ کیلوگرم CO_2 در هر تن شلتوک بود. بیش‌ترین پتانسیل گرمایش جهانی در واحد وزن را نظام تولید رایج به خود اختصاص داد که برابر ۴۷۹/۳ کیلوگرم CO_2 در هر تن شلتوک بود. پایین‌تر بودن پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح و وزن در نظام کاشت حفاظتی در مقایسه با دو نظام کاشت دیگر را می‌توان به مصرف کم‌تر انرژی‌های ورودی به ویژه کود نیتروژن و نیروی برق برای پمپ نمودن آب آبیاری کم‌تر در طی فصل رشد به دلیل آبیاری تناوبی و همچنین بالاتر بودن میزان تولید شلتوک در این نظام کاشت نسبت داد (جدول ۴). در همین رابطه کالتساس و همکاران (Kaltsas et al., 2007) با بررسی دو روش کشت ارگانیک و رایج در یونان به این نتیجه رسیدند که مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در نظام کاشت ارگانیک کم‌تر از نظام کاشت رایج بود. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2013) بیان کردند که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پتانسیل گرمایش جهانی در واحد وزن به ترتیب برابر ۲۷۱/۵ و ۱۰۳/۸ کیلوگرم معادل CO_2 در هر تن محصول گندم، در واحد انرژی ورودی به ترتیب برابر ۴۴/۶ و ۳۴/۸ کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول و در واحد انرژی خروجی به ترتیب برابر ۱۱/۷ و ۴/۵ کیلوگرم معادل CO_2 در گیگاژول بود. نتایج مقایسه بین انرژی‌های ورودی و انتشار CO_2 ناشی از آن در این پژوهش نشان داد که بین انرژی ورودی و پتانسیل گرمایش جهانی در نظام‌های کاشت شالیزاری ارتباط مستقیمی وجود دارد (شکل ۲). به طوری‌که، به ازای افزایش هر مگاژول انرژی ورودی، میزان انتشار دی‌اکسید کربن ۲۹۶ کیلوگرم در هکتار افزایش نشان داد.



شکل ۲- برازش مدل رگرسیون خطی بین میزان انرژی ورودی و انتشار دی‌اکسید کربن در سه نظام کاشت برنج

between **input energy rate and CO_2 emission in three rice production systems regression model Fig. 2- Fitting of linear**

از آنجا که سوخت‌های فسیلی عامل مهمی در انتشار گازهای گلخانه‌ای به خصوص CO_2 می‌باشند، بنابراین باید از شیوه‌های مناسب عملیات زراعی استفاده نمود. دایر و دسجاردین (Dayer & Desjardins, 2003) در مطالعه‌ای اثر مدیریت ماشین‌آلات مزرعه را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای کشاورزی کانادا ارزیابی کردند. آن‌ها نشان دادند که کاهش در میزان مصرف سوخت‌های فسیلی باعث تقلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شود. به دلیل حفظ منابع طبیعی و همچنین به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر، استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این، توسعه نظام‌های کشاورزی با حداقل انرژی ورودی می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی کمک شایانی نماید.

نتیجه‌گیری

امروزه، به دلیل درک ضرورت حفظ منابع طبیعی و نیز عواقب ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش دادن استفاده از انرژی سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از اهمیت زیادی برخوردار است. علاوه بر این، توسعه نظام‌های کشاورزی با حداقل انرژی ورودی از جمله کاهش اتکا به انرژی ورودی، می‌تواند به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک شایانی نماید. در همین رابطه با بررسی نظام‌های کاشت برنج کم‌ترین میزان انرژی ورودی در نظام کاشت حفاظتی و بیش‌ترین مقدار انرژی ورودی در دو نظام بهبودیافته و رایج مشاهده شد. بیش‌ترین سهم انرژی ورودی در نظام‌های تولید مربوط به نیروی برق برای پمپ نمودن و تأمین آب آبیاری با میانگین ۸۰۶۶/۶۷ مگاژول در هکتار حاصل شد که دارای اختلاف قابل ملاحظه‌ای با سایر انرژی‌های ورودی بود. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار تولید GWP به ترتیب برابر ۱۶۴۰ و ۲۷۲۸/۳ کیلوگرم CO_2 در هکتار در نظام‌های کاشت حفاظتی و رایج **به** دست آمد که نشان می‌دهد مقادیر GWP ارتباط مستقیمی با شیوه مدیریت مزرعه و مصرف نهاده‌ها دارد.

منابع

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal of Food Agriculture and Environment 7: 475-480.

Anonymous, 2008. Hydrocarbon balance of Iran in 2007. Tehran, Iran: Institute of International Energy Studies. Tehran, Iran 549 pp. (In Persian)

Anonymous. 2011. National greenhouse accounts factors. Department of Climate Change and Energy Efficiency, Commonwealth of Australia. Published by an Australian Government. Department of the Environment. 85 pp.

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655-666.

Dalgaard, T., Halberg, N., and Fenger, J. 2000. Fossil energy use and emissions of greenhouse gases - three scenarios for conversion to 100% organic farming in Denmark. In: van Lerland, E., A.Q. Lansink, and E. Schmieman. (Eds.), Proceedings of the International Conference on Sustainable Energy: New Challenges for Agriculture and Implications for Land Use, Wageningen, The Netherlands. Chapter 7.2.1, 11 p.

Dalgaard, T., Halberg, N., and Porter, J.R. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. Agriculture, Ecosystems and Environment 87: 51-65.

Dayer, J.A., and Desjardins, R.L. 2003. The impact of farm machinery management on the greenhouse gas emissions from Canadian agriculture. Journal of Sustainable Agriculture 22: 59-74.

Deike, S., Pallutt, B., and Christen, O. 2008. Investigation on the energy efficiency of organic and integrated farming with specific emphasis on pesticide use intensity. European Journal of Agronomy 28: 461-470.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88: 283-288.

Green, M. 1987. Energy in pesticide manufacture, distribution and use. In: Helsel ZR, editor. Energy in plant nutrition and pest control, V. 7. Amsterdam: Elsevier, ISBN 0-444-42753-8 p. 165-177.

Hatirli, S.A., Ozkan B., and Fert, C. 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. Renewable Energy Journal 31: 427-438.

IPCC. 2007a. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge. 996 pp.

IPCC. 2007b. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change 2007: the physical science basis. Contribution of working group I to the assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge. 850 pp.

IPCC. 2007c. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability. In: Parry, M. L., O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, and C. E. Hanson, editors. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 976 pp.

Iqbal, T. 2007. Energy input and output for production of Boron rice in Bangladesh. Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 7: 2717-2722.

Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture, Ecosystems and Environment 122(2): 243-251.

Khan, S., Khan, M.A., and Latif, N. 2010. Energy requirement and economic analysis of wheat, rice and barley production in Australia. Soil and Environment 29(1): 61-68.

Kizilaslan, H. 2009a. Input- output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. Applied Energy 86 (7/8): 1354-1358.

Kizilaslan, N. 2009b. Energy use and input-output energy analysis for apple production in Turkey. Journal of Food, Agricultural and Environmental 7: 419-423.

Koga, N. 2008. An energy balance under a conventional crop rotation system in northern Japan: Perspectives on fuel ethanol production from sugar beet. Agriculture, Ecosystems and Environment 125: 101-110.

Koocheki, A.L., Ghorbani, R., Mondani, F., Alizadeh, Y., and Moradi, M. 2011. Pulses Production Systems in Term of Energy Use Efficiency and Economical Analysis in Iran. International Journal of Energy Economics and Policy 1(4): 95-106.

Maraseni, T. N., Mushtaq, S., and Maroulis, J. 2009. Greenhouse gas emissions from rice farming inputs: a cross-country assessment. Journal of Agricultural Science 147: 117-126.

Nassi, O., Di Nasso, N., Bosco, B., Di Bene, C., Coli, A., Mazzoncini, M., and Bonari, E. 2011. Energy efficiency in long-term Mediterranean cropping systems with different management intensities. Energy 36: 1924-1930.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renew. Energy 29:

39-51.

Ozkan, B., C. Fert, and C. F. Karadeniz. 2007. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy 32: 1500-1504.

Pathak, H., and Wassmann, R. 2007. Introducing greenhouse gas mitigation as a development objective in rice-based agriculture: I. Generation of technical coefficients. Agricultural Systems 94: 807-825.

Rathke, G.W., and Diepenbrock, W. 2006. Energy balance of winter oilseed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. European Journal of Agronomy 24: 35-44.

Robertson, G.P., Paul, E.A., and Harwood, R.R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. Science 289: 1922-1925.

Singh, H., Mishra, M., and Nahar, N.M. 2002. Energy use pattern in production agriculture of a typical village in arid zone, India: part I. Energy Conversion and Management 43: 2275-2286.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., Mccarl, B., Ogle, S., O'Mar, F., Rice, C., Scholes, B., Sirotenko, O., Howden, M., McAllister, T., Pan, G., Romanenkov, V., Schneider, U., and Towprayoon, S. 2007a. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agriculture, Ecosystems and Environment 118: 6-28.

Smith, P., Martino, D., Cai, Z., Gwary, D., Janzen, H., Kumar, P., McCarl, B., Ogle, S., O'Mara, F., Rice, C., Scholes, B., and Sirotenko, O. 2007b. Agriculture. In: Metz, B., O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds) Climate change 2007: mitigation. Contribution of Working Group III to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, Cambridge pp. 497-540.

Soltani, A., Rajabi, M.H., Zeinali, E., and Soltani, E. 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. Energy 50: 54-61.

Strapatsa, A.V., Nanos, G.D., and Tsatsarelis, C.A. 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 176-80.

Tipi, T., Cetin, B., and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Agriculture and Environment 7: 352-356.

Tzilivakis, J., Jaggard, K., Lewis, K.A., May, M., and Warner, D.J. 2005b. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. Agriculture, Ecosystems and Environment 107: 341-358.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005a. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agricultural Systems 85: 101-119.

Wassmann, R., Neue, H.U., Ladha, J.K., and Aulakh, M.S. 2004. Mitigating greenhouse gas emissions from rice - wheat cropping systems in Asia. Environment, Development and Sustainability 6: 65-90.

Wood, S., and Cowie, A. 2004. A review of greenhouse gas emission factors for fertilizer production. Research and Development Division, State Forests of New South Wales. Cooperative Research Center for Greenhouse Accounting.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۴۷-۸۳۶

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 836-847

مطالعه نیاز حرارتی، صفات رشدی و عملکرد دو گونه موسیرایرانی *Allium altissimum* Regel. و *A. hertifulium* Boiss. در تیمارهای مختلف تراکم، وزن پیاز و حذف ساقه گل‌دهنده

سمیرا سبزواری[1*]، محمد کافی[2]، محمد بنایان[3] و حمید رضا خزاعی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۱

چکیده

موسیر یکی از گیاهان مهم دارویی و صنعتی در ایران بوده که شدت برداشت پیاز آن از عرصه های طبیعی بسیار بالاست. مطالعه صفات مورفوفیزیولوژیکی این گیاه در نظام‌های زراعی از اهمیت خاصی در گسترش کشت این گیاه برخوردار است. به منظور بررسی صفات فیزیولوژیک و عملکرد و نیاز حرارتی دو گونه موسیر آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در شرایط مزرعه انجام شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل دو گونه موسیر *A. altissimum* Regel. از خراسان و *A. hertifulium* Boiss. از لرستان، دو گروه وزنی پیاز (۲۰-۱۰ گرم و ۳۰-۲۰ گرم)، سه تراکم کاشت (۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ بوته در متر مربع) به همراه تیمار حذف کامل ساقه گل‌دهنده بود. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. نتایج نشان داد که در کلیه صفات رشدی و عملکرد، گونه لرستان *A. hertifulium* Boiss. بسیار ضعیف‌تر از گونه کلات *A. altissimum* Regel. بود. به طوری‌که حداکثر ارتفاع، سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در تراکم‌ها و وزن‌های مختلف غده‌های کاشته شده در گون ه لرستان با اختلاف معنی‌داری کمتر از گونه کلات بود. نیاز حرارتی گونه لرستان نیز برای تکمیل دوره رشد کمتر از گونه کلات بود. گونه لرستان از کاشت تا برداشت ۲۳۹ روز با ۱۶۶۴ درجه روز رشد و گونه کلات ۲۵۲ روز با ۲۰۰۰ درجه روز رشد نیاز داشتند. نتایج همچنین نشان داد که افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در متر مربع، وزن غده‌های برداشتی و عملکرد را افزایش داد، ولی افزایش تراکم تا ۳۰ بوته در متر مربع سبب کاهش عملکرد و وزن پیازهای برداشتی شد ولی تعداد پیاز برداشتی در متر مربع افزایش یافت. گونه لرستان نیز تا تراکم ۲۰ بوته در متر مربع نتایج یکسانی نشان داد. تیمار حذف ساقه گل‌دهنده نیز اثر معنی‌داری بر صفات مربوط به عملکرد هر دو گونه داشت. به‌طوریکه در گیاهانی که ساقه گل‌دهنده آن‌ها حذف شده، پیازهای برداشتی دارای وزن تر و خشک، قطر و حجم بیشتری نسبت گیاهان دارای ساقه گل‌دهنده بودند.

واژه‌های کلیدی: تراکم، کلات، لرستان، موسیر

مقدمه

انسان در طول تاریخ وابسته به گیاهان دارویی بوده و در عصر حاضر نیز علی‌رغم پیشرفت‌های وسیع و فراگیر علمی و صنعتی تمایل انسان برای استفاده از این گیاهان نه تنها کاهش نیافته بلکه در مواردی نیز افزایش نشان می‌دهد. از دیرباز گیاهان دارویی از منابع مهم درمان بیماری‌ها در تمام نقاط جهان بوده و امروزه نیز جایگاه مهمی در طب سنتی دارد (Koocheki et al., 2011; Schippman et al., 2006). موسیر (*Allium* sp.) یکی از گیاهان دارویی مهم متعلق به تیره Alliaceae، چندساله با ساقه زیرزمینی از نوع پیاز است که در اکثر نقاط کوهستانی شمال خراسان و لرستان با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و در شیب‌های مختلف رشد و نمو می‌کند (Kafi et al., 2011; Kheirkhah et al., 2009). این گیاه بومی آسیای مرکزی و ایران است و به طور سنتی به عنوان ادویه، چاشنی غذا و در طب سنتی به عنوان یک گیاه دارویی شناخته شده است. پیازهای این گیاه در بسیاری موارد برای درمان رماتیسم، ترمیم زخم های فساد‌آمیز و التهاب‌آور به کار برده می‌شود (Sepahvand et al., 2008). موسیر در ایران از لحاظ بهره‌برداری از منابع طبیعی به دلیل شرایط ویژه زیستگاه و زادآوری، جزو گیاهان غیر مجاز از نظر بهره‌برداری محسوب می‌شود.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی دکتری رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، استاد و دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت
(*- نویسنده مسئول: Email: samira.sabzevari@stu.um.ac.ir)

موسیر ایرانی (*A. hertifolium* Boiss.) یک گیاه علفی و آروماتیک وحشی و چندساله است که دارای ساقه عمودی گل‌دهنده و به ارتفاع ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر می‌باشد. برگ‌های سبز آن خطی و نوک تیز با طول ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌باشند (Ghahraman, 1984).

A. hirtifolium Boiss.، گونه بومی ایران می‌باشد که به صورت وحشی در کوه‌های زاگرس در غرب ایران از جمله لرستان، جنوب و بخش مرکزی ایران رشد می‌کند (Rechinger, 1984; Ebrahimi et al., 2009) و گونه موسیر (*A. altissimum* Regel.) یکی از محصولات فرعی مراتع می‌باشد که به صورت خودرو و طبیعی در اکثر نقاط کوهستانی به ویژه شمال خراسان با ارتفاع بیش از ۱۰۰۰ متر از سطح دریا و در شیب‌های مختلف رشد می‌کنند (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). فنولوژی مطالعه پویای نمو است که تا حدود زیادی به وسیله عوامل محیطی تنظیم می‌شود و از نظر کمی قابل اندازه‌گیری است. بسته به خصوصیات ژنتیکی گیاه، مراحل نمو را می‌توان صرفاً به عنوان تابعی از دما و فتوپریود در نظر گرفت. دما یکی از مهمترین عوامل تأثیرگذار رشد در گیاهان محسوب می‌شود (Caliskanet al., 2008). فتوپریود در کنار دما عامل اصلی محیطی برای تعیین فنولوژی، سازگاری و تولید در گیاهان حساس به فتوپریود می‌باشد. بنابراین فتوپریود و دما می‌توانند در تنظیم نمو گیاه نقش داشته باشند (Oliver & Annandale, 1984). یکی از عوامل محدودیت عملکرد در گیاهان محدودیت در منبع (تولید مواد فتوسنتزی) و یا مخزن (ذخیره مواد فتوسنتزی) می‌باشد (Dordas, 2012). محققین بیان نمودند که فتوسنتز گیاه به طور نسبتاً زیادی تحت تأثیر تعادل منبع و مخزن قرار می‌گیرد (Gandin et al., 2011). در طول دوره رشد، بخش‌های تولیدی گیاه مواد فتوسنتزی ساخته شده را به بافت‌ها و اندام‌های ذخیره‌ای همچون دانه، پیاز و یا غده انتقال می‌دهند و توانایی مخزن برای وارد کردن مواد آسمیله تحت تأثیر قدرت مخزن است و قدرت مخزن نیز تحت تأثیر اندازه و فعالیت مخزن می‌باشد. در گیاهان ذخیره‌ای همچون موسیر که همزمان با رشد برگ‌ها، رشد ساقه گل‌دهنده نیز ادامه پیدا می‌کند و در طی این زمان ذخیره پیاز سال قبل به طور کامل مصرف شده و یک پیاز جدید همراه با تشکیل و پر شدن دانه در حال شکل‌گیری است، به نظر می‌رسد عمده‌ترین مخازن رقابت‌کننده برای مواد فتوسنتزی جاری در طول دوره رشد زایشی گیاه، پیاز (اندام زیر زمینی) و گل‌آذین گیاه موسیر باشد (Crontal et al., 2000; Kamentsky, 1996). تراکم کاشت مناسب در تولید محصولات کشاورزی اهمیت بالایی دارد، تراکم کشت نه تنها تعیین کننده رقابت جهت دستیابی به نور و مواد غذایی است بلکه تقسیم و تخصیص ماده خشک بین اندام‌های گیاهی را نیز کنترل می‌کند (Anis et al, 2001). بررسی‌ها نشان داده است که تراکم‌های کاشت بالا، عملکرد بالای قابل توجهی را از پیازهای با کیفیت مناسب نسبت به تراکم‌های پایین‌تر کشت تولید می‌کند (Rizkm, 1997; Pakyurek et al., 1994).

هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر تراکم و وزن‌های مختلف پیاز بین دو گونه کلات و لرستان موسیر در تیمارهای حذف و عدم حذف ساقه گل‌دهنده بر روی صفات مربوط به عملکرد این دو گونه بودند و همچنین دو گونه موسیر از نظر تعداد روز و درجه روز رشد تجمعی برای رسیدن به هر یک از مراحل رشدی مورد مقایسه قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل دو گونه موسیر *A. altissimum* Regel. از منطقه کلات واقع در استان خراسان رضوی و گونه *A. hertifullium* Boiss. از منطقه بروجرد واقع در شرق استان لرستان، سه تراکم کاشت (۱۰، ۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع) و وزن پیاز در دو گروه وزنی (۲۰-۱۰ و ۳۰-۲۰ گرم) بود که پس از ظهور ۵۰ درصد ساقه‌های گل‌دهنده کرت‌های آزمایشی به دو قسمت تقسیم شده که در نیمی از گیاهان یک کرت، تیمار حذف ساقه گل‌دهنده انجام شد و نیمی دیگر با داشتن ساقه گل‌دهنده به رشد خود تا پایان دانه‌بندی و رسیدگی دانه‌ها ادامه دادند.

اقلیم مشهد سرد و خشک بوده و متوسط بارندگی سالانه آن ۲۵۶ میلی‌متر، حداقل و حداکثر دمای سالانه آن به ترتیب ۴۳ و ۲۷/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (سازمان هواشناسی خراسان رضوی). متوسط دمای حداقل، حداکثر و میزان بارندگی در طی فصل رشد گیاه در سال زراعی در شکل ۱ نشان داده شده است. کلات با موقعیت جغرافیایی ۳۶/۲۴۲ درجه شمالی و ۶۰ /۲۷۲۵ درجه شرقی و با ۳۰۵۹

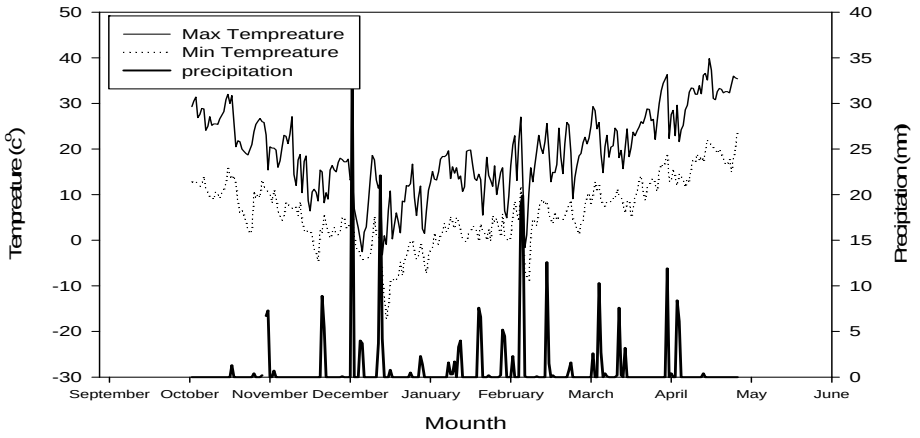
متر ارتفاع از سطح دریا در شرق استان خراسان رضوی قرار دارد و بروجرد نیز با موقعیت جغرافیایی ۳۳/۸۰ درجه شمالی و ۴۸/۵۰ شرقی و با ۱۶۴۰ متر ارتفاع از سطح دریا در شرق استان لرستان واقع شده است.

ابعاد کرت‌ها در این آزمایش به صورت ۲×۳ متر با چهار خط کشت، فاصله بین ردیف‌ها ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها نیز نیم متر بود. مراحل تهیه زمین شامل شخم عمیق و سپس دو دیسک عمود بر هم و استفاده از ماله جهت تسطیح زمین قبل از کاشت بود. همچنین پس از شخم اولیه کود دامی کاملاً پوسیده شده به زمین اضافه شد. پیازهای مورد نظر جمع‌آوری شده از دو استان لرستان و خراسان در تاریخ ۹۱/۷/۲۲ با تراکم‌های مورد نظر در عمق ۸-۱۰ سانتی‌متر کشت شدند. آبیاری گیاهان به صورت نشتی (دوره هفت روزه) بود. جهت اعمال تیمارهای مورد نظر و رسیدن به تراکم‌های اشاره شده، روش کاشت به صورت جوی و پشته‌ای و با کاشت پیازها تقریباً در محل داغاب اجرا شد.

گیاهچه‌ها دراواخر بهمن و اوایل اسفند ماه سبز شدند که تاریخ-های سبز شدن، گلدهی، دانه‌بندی و رسیدگی دانه در دو گونه موسیر یادداشت شدند. از آن‌جا که استفاده از تقویم زمانی رویش هر گیاه تابع عوامل محیطی مانند دما و طول روز محیط در طی دوره رشد می‌باشد، پس از ثبت مراحل فنولوژی بر اساس روز با استفاده از معادله (۱)، درجه‌روزهای رشد مربوط به هر مرحله تعیین شد.

$$GDD=\sum\{(T_{max}+T_{min})/2\}-T_b \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، GDD: درجه‌روز رشد، T_{max} و T_{min}: به ترتیب حداکثر و حداقل دمای روزانه وT_b: دمای پایه (دمایی که پایین‌تر از آن رشد صورت نمی‌گیرد) موسیر می‌باشد. در این مطالعه دمای پایه، درجه حرارت لازم برای شروع رشد اندام هوایی از پیاز مادری در نظر گرفته شد که بر اساس مشاهدات صورت گرفته و درجه حرارت‌های حداقل و حداکثر در تاریخ مذکور، چهار درجه سانتی‌گراد تعیین شد. محققین در آزمایش در بررسی پاسخ سبز شدن موسیر به دما بیان کردند که دمای پایه موسیر بین ۳/۳ تا حداکثر ۵/۹ قابل تغییر است (Eyshi Rezaie, 2012). در طی دوره رشد گیاه، نمونه‌برداری‌هایی به صورت هفتگی جهت مطالعه روند رشدی در دو گونه موسیر انجام شد و بر اساس این نمونه‌برداری‌ها حداکثر میزان صفات رشدی همچون ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، پیاز و وزن کل اندازه‌گیری شد و با توجه به میزان درجه روز رشد مورد نیاز بین دو گونه مورد مقایسه قرار گرفت. همچنین در اوایل اردیبهشت ماه با ظهور ۵۰٪ ساقه گل‌دهنده در مزرعه تیمار اعمال حذف کامل ساقه گل‌دهنده انجام شد. به طوری‌که در هر کرت تعداد مساوی ۱۰ گیاه با حذف گل‌آذین و ۱۰ گیاه بدون حذف گل‌آذین جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر در پایان دوره رشد، نگهداری شدند.



شکل ۱- میزان بارندگی و درجه حرارت روزانه در طول فصل رشد گیاه موسیر در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱

Fig. 1- Daily Precipitation and temperature during the growing season of Shallot in 2012-2013

برداشت پیازها در دو تاریخ مختلف با توجه به زمان رسیدگی متفاوت در دو گونه کلات و لرستان در تاریخ‌های به ترتیب ۹۲/۳/۷ و ۹۲/۳/۲۲ انجام شد و پیازهای برداشتی جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شدند. صفات مورد نظر شامل وزن تر و خشک پیاز، قطر و حجم پیازها و عملکرد در واحد سطح بودند. در پایان داده‌های به دست آمده توسط نرم‌افزار Minitab Ver.15.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

مقایسه مراحل فنولوژی و نیاز حرارتی دو گونه موسیر (*A. hirtifolium* Boiss. و *A. altissimum* Regel.)

ثبت مراحل فنولوژی و تعداد روزهای لازم تا رسیدن به هر یک از مراحل فنولوژی در دو گونه لرستان و کلات و محاسبه درجه روز رشد تجمعی لازم برای رسیدن به هر یک از این مراحل نشان داد در اولین مرحله رشدی (سبز شدن و ظهور اندام هوایی)، گونه لرستان ۱۰ روز زودتر از گونه کلات شروع به سبز شدن کرد که درجه روز مورد نیاز برای سبز شدن در گونه لرستان ۵۸۶/۶ (۱۲۸ روز) بود، درحالی‌که گونه کلات ۶۲۱/۰۵ درجه روز رشد (۱۳۸ روز) جهت سبز شدن نیاز داشت. آزمایشی که توسط خیرخواه و دادخواه (Kheirkhah & Dadkhah, 2009) بر روی فنولوژی موسیر انجام شد، مشخص گردید که شروع جوانه‌زنی پیاز موسیر را با کاهش دما در پاییز گزارش کرد، ولی ظهور اندام هوایی پس از گذراندن زمستان و آغاز گرم شدن هوا شروع می‌شود. نتایج سایر مطالعات همچنین نشان داد که پیاز موسیر در پایان مرحله زندگی وارد خواب شده و سپس در پاییز با کاهش دما خواب شکسته شده و در صورت مهیا بودن سایر شرایط قادر به جوانه‌زنی می‌باشد(Kamentsky, 1996) . در اواسط مرحله رشد و توسعه برگ‌ها، ظهور ساقه گل‌دهنده نیز مشاهده شد. با گذشت تقریبی ۳۶ روز پس از سبز شدن گونه کلات، پیازهای اولیه به طور کامل تخلیه شده و شروع ذخیره مواد برای پر شدن مجدد پیازهای جدید آغاز شد که این مرحله در گونه کلات ۱۰ روز پس از ظهور ساقه گل‌دهنده اتفاق افتاد در حالی‌که در گونه لرستان همزمان با ظهور ساقه گل‌دهنده، نمو پیازهای جدید نیز آغاز شد. به طوری‌که شروع نمو پیازهای جدید در گونه کلات در ۱۹ فروردین که مصادف با ظهور ساقه گل‌دهنده و دریافت ۳۳۴ درجه روز بود در حالی‌که شروع نمو پیازهای جدید در گونه لرستان در ششم فروردین (ظهور ساقه گل‌دهنده) و دریافت ۲۵۵ درجه روز بود. زمه و همکاران (Zemah et al, 2001) گزارش کردند که آغازش تمایز گل در گونه‌های پیازی ایران-توران فرآیند درون پیازی است که در طول تابستان انجام می‌شود همچنین پیازهای این خانواده برای طویل شدن ساقه گل‌دهنده و گلدهی به شش تا دوازده هفته سرما نیاز دارند.

نتایج همچنین نشان داد، نمو میوه و دانه پس از گلدهی در اردیبهشت ماه آغاز شد و پس از طی ۹-۸ هفته پوسته دانه موسیر سیاه رنگ شده و دانه‌ها از مرحله شیری وارد مرحله خمیری و بذرها وارد مرحله رسیدگی می‌شوند (Rezvan, 2012) که این مرحله همزمان با برداشت پیازهای موسیر در اواسط تا اواخر خرداد ماه بسته به گونه موسیر اتفاق افتاد (جدول ۱). دوره سبز شدن تا برداشت در گونه لرستان کوتاهتر با ۱۰۹ روز و نیاز درجه روز رشد ۱۰۷۷ بود در حالی‌که گونه کلات ۱۱۴ روز از سبز شدن تا برداشت و ۱۳۷۹ درجه روز رشد نیاز داشت.

نتایج نشان داد که گونه لرستان نیاز دمایی کمتری برای تکمیل دوره رشد خود در مقایسه با گونه کلات دارد و علت آن نیز به خاطر سازگاری این گونه با مناطق سردسیرتر و میانگین دمایی پایین‌تر می‌باشد. همان طور که میانگین دمایی در طی دوره رشد در زیستگاه موسیر در لرستان پایین‌تر از منطقه خراسان می‌باشد، به طورکلی، از کاشت تا برداشت گونه کلات ۲۵۲ روز و ۲۰۰۰ درجه روز رشد نیاز می‌باشد، در حالی‌که گونه لرستان ۲۳۷ روز و ۱۶۶۳ درجه روز رشد از کاشت تا برداشت نیاز داشت که این‌گونه به طور کلی درجه روز رشد کمتری تا برداشت نیاز دارد.

مقایسه صفات رشدی دو گونه لرستان و کلات موسیر

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف وزن غده، تراکم و گونه بر صفاتی همچون سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و پیاز معنی‌دار بود (جدول ۲).

حداکثر سطح برگ

بر اساس شکل ۲، حداکثر سطح برگ در تراکم ۲۰ و وزن غده ۳۰-۲۰ گرم به دست آمد. افزایش تراکم تا ۲۰ بوته در متر مربع سبب افزایش سطح برگ شده ولی تراکم ۳۰ بوته سبب کاهش سطح برگ شد به نظر می‌رسد افزایش بیشتر از حد تراکم به علت همپوشانی

اندام‌های گیاهی با یکدیگر امکان استفاده کامل از منابع محیطی را کاهش داده و به علت محدودیت فضا، گیاهان فراهمی گسترش اندام‌های هوایی خود را ندارند. نتایج نشان داد که افزایش وزن غده-های کاشته شده سبب کاهش نیاز حرارتی لازم برای رسیدن به حداکثر سطح برگ در هر دو گونه شد. به طوری‌که با افزایش گروه وزنی غده‌های کاشته شده از ۲۰-۱۰ گرم به ۳۰-۲۰ گرم نیاز حرارتی لازم برای رسیدن به حداکثر سطح برگ در گونه خراسان کاهش ۵۰ درصدی نشان داد (شکل ۲، الف). نتایج همچنین نشان داد که افزایش تراکم سبب افزایش نیاز حرارتی لازم در هر دو گونه و در هر دو گروه وزنی غده‌های کشت شده شد (شکل ۲،ب).

همچنین تراکم ۲۰ بوته در متر مربع در گونه کلات خراسان بیشترین سطح برگ را در گروه وزنی ۳۰-۲۰ گرم به خود اختصاص داد که این نشان‌دهنده بهترین تراکم و وزن غده کاشته در این گونه موسیر برای رسیدن به حداکثر سطح برگ کشت شده و در نتیجه آن تولید بالاتر مواد فتوسنتزی و در نتیجه عملکرد بالاتر در این گونه می‌باشد.

جدول ۱- مراحل فنولوژیکی دو گونه خراسان و لرستان در موسیر

Table 1- Phonological stages of the two species in Khorasan and Loresan Shallot

مرحله رشدی Developmental stages	گونه Species	تاریخ Date	تعداد روز Number Of Day	درجه روزهای رشد Growth Degree Day
		وزن غده (۲۰-۳۰ گرم) Bulb weight (20-30 g)		
کاشت - سبز شدن Planting- emergence	Kalat کلات	30.10.2012-18.02.2013	138	621.05
	Lorestan لرستان	30.10.2012-8.02.2013	128	586.6
سبز شدن- رشد و توسعه برگ Emergence-leaf development	Kalat کلات	18.02.2013-16.04.2013	57	434.1
	Lorestan لرستان	8.02.2013-8.04.2013	59	369.7
سبز شدن- ظهور ساقه گل‌دهنده Emergence-flowering shoot appearance	Kalat کلات	18.02.2013-8.04.2013	49	334.1
	Lorestan لرستان	8.02.2013-26.03.2013	48	255.85
سبز شدن- شروع گلدهی Emergence- beginning of flowering	Kalat کلات	18.02.2013-16.04.2013	57	434.1
	Lorestan لرستان	8.02.2013-8.04.2013	61	369.7
سبز شدن- گلدهی کامل Emergence- flowering	Kalat کلات	18.02.2013-24.04.2013	65	523.65
	Lorestan لرستان	8.02.2013-6.04.2013	69	469.7
سبز شدن – نمو میوه و دانه Emergence-seed development	Kalat کلات	18.02.2013-4.05.2013	75	639.05
	Lorestan لرستان	8.02.2013-2.04.2013	77	559.25
سبز شدن- برداشت Emergence-harvesting	Kalat کلات	18.02.2013-12.06.2013	114	1379.2
	Lorestan لرستان	8.02.2013-17.06.2013	109	1077.15
کاشت – برداشت Planting-harvesting	Kalat کلات	30.10.2012-12.06.2013	252	2000.25
	Lorestan لرستان	30.10.2012-12.06.2013	237	1663.75

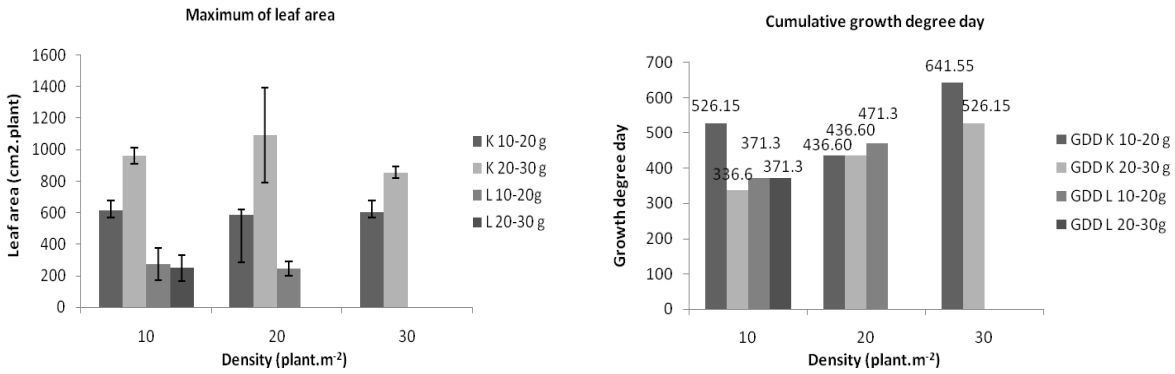
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات رشدی در گونه موسیر لرستان و کلات

Table 2- Analysis of variance (mean square) growth characteristics in Kalat and Lorestan Species

وزن خشک پیاز Bulb dry weight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	سطح برگ Leaf area	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
13630.2**	2121.49***	2403211**	1	گونه Species
197.1*	323.74*	109637*	1	وزن غده Bulb weight
50.9*	1.35*	5297*	1	تراکم Density
185.6	76.52	35302	2	تکرار Replication
1763.2ns	626.78ns	747698**	4	اثر متقابل Interaction
209.7	64.50	45234	14	خطا Error
			23	کل Total

*: معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و ns: عدم معنی‌داری

*: Significant at p=0.05, **: Significant at p=0.01& ns=non-significant



شکل ۲- اثر تراکم و وزن‌های مختلف پیاز بر بیشینه سطح برگ دو گونه موسیر (الف) و نیاز حرارتی (درجه رشد رشد تجمعی) آن‌ها (ب)

Fig. 2- Effect of density and bulb weight on maximum Leaf area on two species of Shallot A) and thermal requirement (Growth degree day) B)

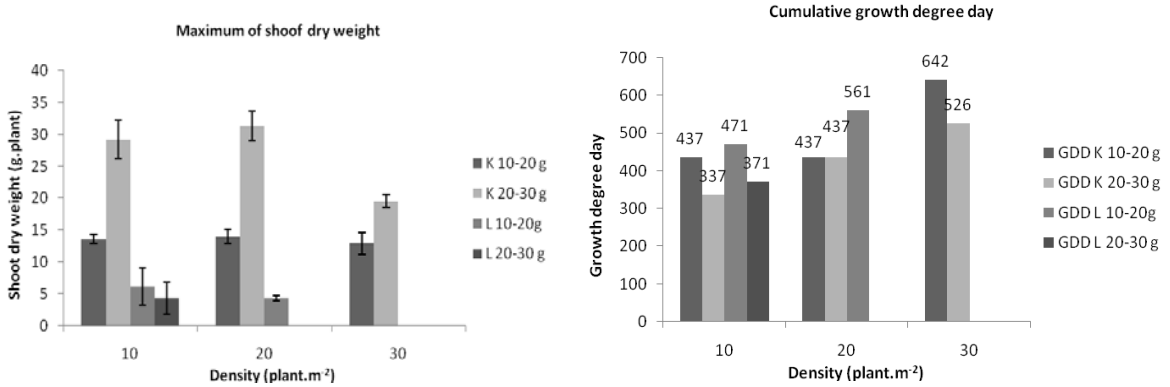
در مواردی که در شکل داده وجود ندارد به دلیل عدم تأمین پیاز کافی با وزن مورد نظر نمونه‌برداری انجام نشده است. (K = گونه کلات (خراسان) L= گونه لرستان)

If there are not any shapes, it is because of loss of bulb weight in Lorestan Species. K= Kalat L= Lorestan.

ایوان (Evan, 1978) بیان کرد با افزایش وزن پیاز کاشته شده به دلیل داشتن ذخایر غذایی بیشتر در ابتدای فصل رشد و استفاده بهتر از عوامل محیطی شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد و افزایش شاخص سطح برگ سبب افزایش جذب تشعشع رسیده به سطح کانوپی شده و در نتیجه تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد.

حداکثر وزن خشک اندام هوایی

در حداکثر وزن خشک اندام هوایی، بین دو گروه وزنی غده‌های کاشته شده اختلاف معنی‌داری دیده شد. به طورکلی افزایش وزن غده‌های کاشته شده از گروه وزنی ۲۰-۱۰ به ۳۰-۲۰ گرم سبب افزایش ۵۰ درصدی در وزن خشک اندام هوایی موسیر گونه خراسان شد در حالی‌که در گونه لرستان افزایش وزن غده تأثیر معنی‌داری در افزایش این صفت نداشت (شکل ۳، الف). نمودار نیاز حرارتی نشان داد که افزایش وزن غده‌ها در این صفت تأثیر زیادی بر نیاز حرارتی آن‌ها نداشت ولی در تراکم‌های ۱۰ و ۳۰ بوته در متر مربع نیاز حرارتی با افزایش وزن غده‌های کاشته شده کاهش یافت.



شکل ۳- اثر تراکم و وزن‌های مختلف بر بیشینه وزن خشک اندام هوایی دو گونه موسیر (الف). نیاز حرارتی (درجه رشد رشد تجمعی) آن‌ها (ب)، برای رسیدن به بیشینه سطح برگ

Fig. 3- Effect of density and bulb weight on maximum Shoot dry weight on two species of Shallot A) Thermal requirement (Growth degree day) B)

در مواردی که در شکل داده وجود ندارد به دلیل عدم تأمین پیاز کافی با وزن مورد نظر نمونه‌برداری انجام نشده است.K = گونه کلات (خراسان) L= گونه لرستان

If there are not any shapes, it is because of loss of bulb weight in Lorestan Species. K= Kalat L= Lorestan

افزایش تراکم نیز مشابه صفات قبل سبب افـزایش نیـاز حرارتـی درجه روز رشد گیاه شد (شکل ۳،ب). لینکوئیست و همکـاران ,.et al (Lindquist 2005) بیان کردند که عامل تفاوت تولید مـاده خشـک در گیاهان تفاوت در سطح برگ از لحاظ انـدازه تـک بـرگ و میـزان ظهور برگ‌های جدید است.

اثر تیمارهای مختلف بر صفات مربوط به پیاز و عملکرد دو گونه موسیر

نتایج نشان داد که در گونـه منطقـه کـلات اسـتان خراسـان اثـر تیمارهای وزن پیاز، تراکم بوته در متر مربع و تیمار حذف گل‌آذین بـر صفات اندازه‌گیری شده مربوط به پیازها از لحاظ آماری در سـطح ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری‌که افزایش وزنی پیازها از گروه وزنی ۲۰-۱۰ گرم به گروه وزنی ۳۰-۲۰ گرم سبب افـزایش معنـی‌داری در وزن تر و خشک پیازها و حجم پیازهای اندازه‌گیـری شـده شـد. وزن خشک پیازها از ۲۳/۵ گرم در گیـاه در گـروه وزنـی ۲۰-۱۰ گـرم بـه ۲۸/۷ گرم در گیاه در گروه وزنی ۳۰-۲۰ گرم رسید. حجم پیازها نیـز با افزایش وزنی پیازهای کشت شده از ۶۸/۸ سانتی‌متر مکعب در هـر گیاه به ۸۰/۵ سانتی‌متر مکعب در هر گیاه رسید. لازم به ذکر است که بین دو گروه وزنی از لحاظ صفت قطر پیاز تفـاوت معنـی‌داری وجـود نداشت (جدول ۲).

نتایج همچنین نشان داد که با افزایش تراکم از ۲۰ به ۳۰ بوته در متر مربع کاهش معنی‌داری در کلیه صفات اندازه‌گیری شده دیده شد. به طوری‌که وزن تر و خشک پیاز، قطر و حجم پیازهای انـدازه‌گیـری شده در تراکم ۳۰ بوته در متر مربع کمتر از دو تراکم دیگـر بـود. و در این صفات بین تراکم‌های ۱۰ و ۲۰ بوته در متر مربع تفـاوت معنـی-داری دیده نشد. تیمار حذف گل‌آذین اثر معنی‌داری بر افزایش صفات اندازه‌گیری شده در پیازهای برداشتی داشت. به طـوری‌کـه وزن تـر و خشک پیاز به ترتیب از ۶۴/۹ و ۲۱/۸ گرم در گیاه بـه ۱۰۳/۸ و ۴/۳۰ گرم در گیاه رسید. حذف گل‌آذین به سبب افزایش انتقال مواد به اندام ذخیره‌ای (پیاز) سبب افزایش وزن پیازهای برداشتی شد. قطر پیازهای برداشتی نیز از پنج به شش سانتی‌متر و حجم آن‌ها از ۵۵/۹ بـه ۹۳/۳ سانتی‌متر مکعب افزایش نشان داد (جدول ۲).

در گونه لرستان بین دو گروه وزنی پیازهای کاشته شـده فقـط در صفت وزن خشک پیاز در گیاه تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود داشت به طوری‌که افزایش وزن پیاز از گـروه وزنـی ۲۰-۱۰ گـرم بـه ۳۰-۲۰ گرم سبب افزایش وزن خشک پیازهای برداشتی از ۱۷/۱ گرم به ۲۲/۳ گرم در هر گیاه شـد (جـدول ۲). بـین تـراکم‌هـای مختلـف کاشت هم در صفات اندازه‌گیری شده در ایـن گونـه از لحـاظ آمـاری تفاوت معنی‌داری دیده نشد ولی افزایش تراکم کاشت سـبب افـزایش عددی در وزن تر و حجم پیازها شد.

جدول ۲- اثرات ساده گونه‌های کلات و لرستان موسیر در تیمارهای وزن پیاز، تراکم و حذف گل‌آذین بر صفات مربوط به پیاز

Table 2- Simple effects of Kalat and Lorestan species in treatment of bulb weight, density and flowering stem removing on bulb characteristics

گونه Species	تیمار Treatment		وزن تر پیاز (گرم در گیاه) Fresh dry weight (g.plant^{-1})	وزن خشک پیاز (گرم در گیاه) Bulb dry weight (g.plant^{-1})	قطر پیاز (سانتی‌متر) Bulb diameter (cm)	حجم پیاز (سانتی‌متر مکعب) Bulb volume (cm^3)
کلات Kalat	وزن پیاز (گرم) Bulb weight (g)	10-20	77.4 b	23.5 b	5.3 a	68.8 b
		20-30	91.3 a	28.7 a	5.7 a	80.5 a
	تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant.m^{-2})	10	99.1 a	30.6 a	5.9 a	88.3 a
		20	98.8 a	30.4 a	5.8 a	87.2 a
		30	55.2 b	17.4 b	4.8 b	48.3 b
	حذف ساقه گل‌دهنده Stem flowering removing	None	64.9 b	21.8 b	5.0 b	55.9 b
		Remove	103.8 a	30.4 a	6.0 a	93.3 a
لرستان Lorestan	وزن پیاز (گرم) Bulb weight (g)	10-20	54.7 a	17.1 b	4.62 a	49.65 a
		20-30	55.7 a	22.3 a	4.37 a	56.2 a
	تراکم (بوته در متر مربع) Density (plant.m^{-2})	10	53.9 a	17.2 a	4.6 a	50.6 a
		20	55.6 a	17.1 a	4.7 a	48.8 a
	حذف ساقه گل‌دهنده Stem flowering removing	None	42.9 b	16.0 b	4.2 b	39.0 b
		Remove	66.5 a	18.3 a	5.1 a	60.3 a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

The differences between mean values indicated by different letters are significant ($p \leq 0.05$).

نتایج همچنین بیانگر آن بود که این گونه نیز به تیمار حذف گل-آذین پاسخ مثبت نشان داده و کلیه صفات اندازه‌گیری شده با قطع گل‌آذین در مقایسه با تیمار عدم حذف گل‌آذین افزایش معنی‌داری نشان داد که از مهمترین آن‌ها می‌توان به وزن خشک پیاز در گیاه اشاره کرد که از ۱۶ گرم به ۱۸/۳ گرم در گیاه افزایش داشت (جدول ۲). با حذف ساقه گل‌دهنده مواد بیشتری از فتوسنتز جاری گیاه به سمت اندام‌های زیرزمینی منتقل شده و در نتیجه عملکرد پیاز افزایش می‌یابد. این نتایج دلالت بر آن دارد که کاهش مخزن گیاه موسیر سبب افزایش عملکرد پیاز می‌گردد. ماتسودا و همکاران (Matsuda et al., 2011) بیان کردند که در برخی از ارقام گوجه‌فرنگی، تأمین مواد فتوسنتزی در مقایسه با تقاضا برای مواد فتوسنتزی کمتر بوده و رشد محصول تحت تأثیر محدودیت منبع قرار می‌گیرد. بنابراین، هرس سبب افزایش اندازه میوه‌ها می‌شود.

نتایج آنالیز در بررسی اثرات تیمارهای مختلف گونه، وزن پیاز و حذف ساقه گل‌دهنده به صورت جدا از یکدیگر نشان داد بین دو گونه لرستان و کلات در کلیه صفات اندازه‌گیری شده همچون صفات وزن تر و خشک پیاز، حجم و قطر پیازهای برداشتی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). به طوری‌که وزن تر و خشک پیاز، قطر و حجم پیازها در گونه کلات با اختلاف قابل توجهی از گونه لرستان بیشتر بود. بر اساس (جدول ۳) افزایش وزن پیاز و تیمار حذف گل‌آذین نیز سبب افزایش معنی‌داری در صفات اندازه‌گیری شده شدند و به طور کلی تیمارهای حذف ساقه گل‌دهنده و وزن پیاز کاشته شده بدون توجه به گونه کشت شده سبب افزایش معنی‌داری در کلیه صفات اندازه‌گیری شده داشت. عیشی رضائی و همکاران (Eyshi Rezaie et al., 2013) در یک آزمایش دو ساله اثر وزن‌های مختلف پیاز و سطوح مختلف نیتروژن را بر صفات رشدی و عملکرد موسیر بررسی کردند و دریافتند که افزایش وزن پیاز کاشته سبب افزایش عملکرد از طریق افزایش اندازه و وزن غده‌های برداشت شده شد.

جدول ۳- اثرات ساده گونه، وزن پیاز و حذف ساقه گل‌دهنده موسیر بر صفات مربوط به پیاز

Table 3- Simple effect of species, bulb weight and stem flower removing of Shallot on bulb characteristics

حجم پیاز (سانتی‌متر مکعب) Bulb volume (cm^3)	قطر پیاز (سانتی‌متر) Bulb diameter (cm)	وزن خشک پیاز (گرم در گیاه) Dry bulb weight ($g.plant^{-1}$)	وزن تر پیاز (گرم در گیاه) Fresh bulb weight ($g.plant^{-1}$)		تیمار Treatment
82.74 a	5.75 a	30.83 a	91.94 a	کلات Kalat	گونه Species
52.92 b	4.67 b	19.77 b	55.03 b	لرستان Lorestan	
80.59 a	5.53 a	25.73 a	80.33 a	حذف Remove	حذف ساقه گل‌دهنده Stem flowering removing
54.81 b	4.90 b	24.87 a	57.12b	عدم حذف Without remove	
62.24b	5.29 a	22.52b	77.73a	10-20	وزن پیاز Bulb weight
73.15 a	5.14 a	28.09a	68.79a	20-30	

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند.

The differences between mean values indicated by different letters are significant ($p \leq 0.05$).

نتایج مطالعات عملکرد همچنین نشان داد که در گونه کلات وزن پیاز بیشتر منجر به عملکرد بیشتر پیاز در متر مربع و وزن تک پیاز بیشتر شد ولی تعداد پیاز برداشت شده بین دو گروه وزنی۲۰-۱۰ گرم و ۳۰-۲۰ گرم پیازهای کشت شده، تفاوت معنی‌داری نداشت ($p \leq ۰/۰۵$)، (جدول ۴). به طوری‌که عملکرد از ۱۳۳۳/۶ به ۱۳۶۳/۳ گرم در متر مربع افزایش داشت. بین تراکم‌های مختلف کشت نیز تراکم ۲۰ بوته در متر مربع بیشترین عملکرد را به خود اختصاص داد (۱۶۹۵ گرم درمتر مربع) و با افزایش تراکم کاشت از ۲۰ بوته در مترمربع به ۳۰ بوته عملکرد کاهش معنی‌داری را نشان داد (۲۰ درصد). تعداد پیاز برداشتی در متر مربع با افزایش تراکم کاشت، افزایش معنی‌داری داشت (جدول ۴)، به طوری‌که با افزایش تراکم کاشت از ۱۰ به ۲۰ و سپس به ۳۰ بوته در متر مربع تعداد پیازهای برداشتی به ترتیب از ۹/۳۶ به ۲۱/۶۲ و سپس به ۴۴/۴۶ عدد در متر مربع افزایش یافت. همان طور که نتایج نشان می‌دهد افزایش تراکم کاشت در موسیر از ۲۰ به ۳۰ بوته در متر مربع سبب افزایش معنی-داری در تعداد پیازهای تولیدی از طریق افزایش تعداد پیازهای خواهری شده ولی عملکرد کلی گیاه را کاهش می‌دهد که علت آن به خاطر کاهش در وزن پیازهای تولیدی می‌باشد یعنی با افزایش تراکم، پیازهای با تعداد بیشتر پیاز خواهری و وزن کمتر تولید خواهند شد. تراکم کاشت مناسب در تولید محصولات کشاورزی اهمیت بالایی دارد، تراکم کشت نه تنها تعیین کننده رقابت جهت دستیابی به نور و مواد غذایی است بلکه تقسیم و تخصیص ماده خشک بین اندام‌های گیاهی را نیز کنترل می‌کند (Anis et al., 2001). برخی تحقیقات (Pakyurek et al., 1994;Rizkm, 1997) نشان داده است که تراکم‌های کاشت بالا، عملکرد بالای قابل توجهی را از بالب‌های با کیفیت مناسب نسبت به تراکم‌های پایین‌تر کشت تولید می‌کند. آزمایشات نشان داد با افزایش رقابت گیاهان در تراکم‌های بالای کاشت، تعداد برگ گیاهچه‌های پیازکاهش معنی‌داری یافت (Weerasinghe et al., 1994). کوئلو و همکاران (Coelo et al., 1996) گزارش کرد که بالاترین عملکرد تجاری پیاز در تراکم‌های بالاتر کاشت به دست آمد در حالی‌که بالاترین سهم پیازهای بزرگ و وزن پیاز متوسط در تراکم‌های پایین دیده شد. محمدعلی (Mohammedali, 2005)، در بررسی اثر تراکم‌های مختلف کاشت بر عملکرد و کیفیت پیاز دریافت بین واریته‌های مختلف پیاز در عملکرد کل غده‌ها تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در فاصله کشت روی ردیف پنج سانتی‌متر عملکرد کل بالب‌ها به سبب افزایش تراکم در واحد سطح بالاتر بود که افزایشی در حدود ۱۹٪ در مقایسه با فواصل کاشت عریض‌تر در حدود ۱۰ سانتی‌متر داشت.

با توجه به محدودیت میزان پیاز موجود جهت کاشت گونه لرستان، مطالعه اثر تراکم کاشت در این گونه تا تراکم ۲۰ بوته در متر

مربع مورد بررسی قرار گرفت و بر این اساس نتایج نشان داد که افزایش تراکم از ۱۰ به ۲۰ بوته در متر مربع سبب افزایش در عملکرد از ۲۴۲/۱۱ به ۳۹۰/۶۲ گرم در متر مربع شد. وزن تک پیاز تفاوت معنی‌داری نداشت ولی تعداد پیاز در متر مربع از ۴/۹۵ به ۱۰/۵۵ عدد با افزایش در تراکم کاشت، افزایش نشان داد. افزایش وزن پیازهای کاشته شده نیز سبب افزایش در عملکرد و وزن تک پیاز در متر مربع داشت در حالی‌که وزن بیشتر پیاز کشت شده اثر معنی‌داری در افزایش تعداد پیاز تولیدی در این گونه نداشت (جدول ۴). آزمایشات همچنین نشان می‌دهد که تراکم‌های پایین کشت به سبب فواصل عریض‌تر یکی از دلایل اصلی برای عملکرد پایین در سیر می‌باشد (Brewster, 1994; Abubakar, 2001). کیلگوری و همکاران Kilgori et al., (2007) در بررسی اثر چهار فاصله کشت (۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ سانتی‌متر) و تاریخ‌های مختلف کشت بر دو گونه سیر دریافتند که در فاصله کاشت ۱۰ سانتی‌متر بیشترین عملکرد پیاز به دست آمد. آن‌ها پیشنهاد کردند که در رقم بومی فاصله کشت ۱۰ سانتی‌متر و کشت زودتر در ابتدای فصل رشد، جهت به دست آوردن بالاترین عملکرد مطلوب است.

آنالیز اثر متقابل تراکم کاشت و گونه بر صفات مربوط به عملکرد نشان داد که بیشترین عملکرد در متر مربع مربوط به گونه کلات و تراکم ۲۰ بوته در متر مربع بود (جدول ۵). به طور کلی گونه لرستان در مقایسه با گونه کلات عملکرد، وزن تک پیاز و تعداد پیاز کمتری در متر مربع تولید کرد. بیشترین تعداد پیاز در متر مربع نیز مربوط به گونه کلات و تراکم ۳۰ بوته در متر مربع بود که گونه لرستان در تراکم کاشت ۲۰ بوته در متر مربع بیشترین تعداد پیاز تولیدی را داشت. به نظر می‌رسد گونه لرستان به علت داشتن زیست توده کمتر و درنتیجه ذخایر فتوسنتزی کمتر عملکرد پایین‌تری از گونه خراسان داشت. در بررسی اثر سه تراکم کشت در ارقام مختلف پیاز نتایج نشان داد تراکم‌های پایین کشت سبب افزایش معنی‌داری در تعداد برگ در هر گیاه و وزن پیاز شد. تراکم متوسط اثر معنی‌داری بر وزن پیازهای دو قلو داشت. بالاترین تراکم کاشت، طول برگ‌ها، وزن پیازهای کوچک، متوسط و وزن پیازهای منفرد و عملکرد کل پیازها را افزایش داد. نتایج آزمایش همچنین نشان داد که اثر متقابل بین تراکم کاشت و رقم فقط در عملکرد پیاز معنی‌دار بود و بیشینه عملکرد از تراکم بالاترین تراکم به دست آمد (Dawar et al., 2007). خیرخواه و همکاران Kheirkhah et al (2009) بیان کردند که تولید پیازهای دختری و تقسیم پیازها در تکثیر غیرجنسی گیاه موسیر از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا می‌توان برخی پیازها را برای تکثیر و مابقی را برای مصارف دارویی مورد بهره‌برداری قرار داد.

جدول ٤- اثر تیمارهای تراکم و وزن پیاز بر صفات مربوط بر عملکرد پیاز دو گونه کلات و لرستان موسیر به تفکیک

Table 4- Effect of density and bulb weight on bulb yield of two species Kalat and Lorestan of Shallot separately

گونه Species	تیمار Treatment		عملکرد پیاز (گرم در مترمربع) Bulb yield ($g.m^{-2}$)	وزن تک پیاز (گرم) Bulb weight (g)	تعداد پیاز (عدد) Bulb number (number)
کلات Kalat	وزن پیاز (گرم) Bulb weight (g)	10-20	1333.60 [ab]	68.79 [ab]	25.81[a]
		20-30	1363.34 [a]	71.64 [a]	24.66 [ab]
	تراکم (بوته در مترمربع) Density ($plant.m^{-2}$)	10	952.24 [c]	98.38 [a]	9.36 [c]
		20	1695.39 [a]	81.22 [ab]	21.62 [b]
		30	1392.80 [b]	31.04 [c]	44.46 [a]
لرستان Lorestan	وزن پیاز (گرم) Bulb weight (g)	10-20	277.02 [ab]	35.81 [b]	7.97 [a]
		20-30	355.71 [a]	54.17 [a]	7.35 [a]
	تراکم (بوته در مترمربع) Density ($plant.m^{-2}$)	10	242.11 [ab]	48.31 [a]	4.59 [b]
		20	390.62 [a]	41.67 [a]	10.55 [a]
		30	-----	-----	-----

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

The differences between mean values indicated by different letters are significant ($p \leq 0.05$).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و تراکم بر عملکرد دو گونه لرستان و کلات موسیر

Table 5- analyze of interaction of species and density on yield of two species Kalat and Lorestan Shallot

تعداد پیاز (عدد در مترمربع) Bulb number (No.m^{-2})	وزن تک پیاز (گرم) Bulb weight (g)	عملکرد (گرم در مترمربع) Yield (g.m^{-2})	تراکم (بوته در مترمربع) Density (plant.m^{-2})	گونه Species
9.63 b	98.38 a	952.24 b	10	کلات
21.62 a	81.22 a	1695.39 a	20	Kalat
4.50 c	48.32 b	242.11 c	10	لرستان
10.56 b	41.67 b	390.63 c	20	Lorestan

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

The differences between mean values indicated by different letters are significant ($p \leq 0.05$).

به طور کلی، نتایج آزمایش نشان داد که گونه خراسان به دلیل سازگاری بالاتر با شرایط آب و هوایی این منطقه قابلیت تولید گیاهانی با سطح سبز بالاتر و عملکرد پیاز بالاتری در مقایسه با گونه لرستان می‌باشد. با توجه به شرایط دمایی و بارندگی لرستان می‌توان گفت که کشت گونه موسیر منطقه لرستان در خراسان از لحاظ زراعی مقرون به صرفه نخواهد بود و توجیه علمی و اقتصادی ندارد.

همچنین باید اشاره کرد که موسیر به افزایش تراکم تا ۲۰ بوته در متر مربع پاسخ مثبت نشان داده که پس از آن عملکرد کاهش یافته ولی تعداد پیازهای خواهری در هر دو گونه افزایش یافت. حذف ساقه گل-دهنده نیز اثر معنی‌داری در افزایش اندازه پیازها و در نهایت افزایش عملکرد شد.

منابع

Abubakar, A. 2001. Growth indices and bulb yield of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by inter and intra-row spacings. Unpublished BSc Project, Department of Agronomy, ABU Zaria.

Anis, R., Wells, R., and Thomas, G. 2001. Reproductive allocation of Virginia-type peanut cultivars bred for yield in North Carolina. Crop Science 41: 72-77.

Brewster, J.L. 1994. Weed competition and bulb yield of garlic. Onion and Other Vegetable Alliums. Warwick USA 3: 406.

Caliskan, S., Arslan M.E., and Arioglu, H. 2008. Effects of sowing date and growth duration on growth and yield groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. Field Crops Research 105: 131-140.

Coelo, R.F., Souza, V.A.B., and Conceicao, M.A.F. 1996. Performance of onion crops under three irrigation regimes and five spacings. Pesquisa- Agropecuaria-Brasilcira 31(8): 585-591.

Crontal, Y., Kamenetsky, R., and Rabinowich, H.D. 2000. Flowering physiology and some vegetative traits of short-day shallot– a comparison with bulb onion. Horticulture Science and Biotechnology 75: 35-41.

Dawar, N.M., Wazir, F.K.H., Dawar, M.U.D., and Dawar, S.H. 2007. Effect of planting density on growth and yield of onion varieties under climatic condition Sarhad Agricultures of Peshawar. Sarhad Agriculture 23: 911-918.

Dordas, C. 2012. Variation on dry matter and nitrogen accumulation and remobilization in barley as affected by fertilization, cultivar, and source-sink relations. European Journal of Agronomy 37: 31-42.

Ebrahimi, R., Zamani, Z., and Kashi, A. 2009. Genetic diversity evaluation of wild Persian shallot (*Allium hirtifolium* Boiss.) using morphological and RAPD markers. Science Horticulture 119: 345-435.

Evans, L.T. 1978. Crop Physiology. Cambridge University Press 1-374.

Eyshi Rezaei, E., Kafi, M., and Bannayan, M. 2013. Nitrogen and Cultivated Bulb effects on radiation and nitrogen-use efficiency, carbon partitioning and production of Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.). Crop Science Biotechnology 3: 237-244.

Eyshi Rezaie, E., Mansoori, H., Kafi, M., and Bannayan, M. 2012. Emergence response of Persian shallot (*Allium altissimum*) to temperature. African Journal of Agriculture Research 38: 5312-5316.

Gandin, A., Gutjahr, S., Dizengremel, P., and Lapointe, L. 2011. Source-sink imbalance increase with growth temperature in the spring genophyte *Erythronium americanum*. Journal of Experimental Botany 62: 3467-3479.

Ghahreman, A. 1984. Color Atlas of Iranian Plants. Institute of Forests and Grasslands, Botany Division 5: 512.

Kafi, M., Rezvan Beydokhti, S., and Sanjani, S. 2011. Effect of sowing date and plant density on yield and morphophysiological traits of Persian shallot (*Allium altissimum* Regel.) in Mashhad climate condition. Horticultural Science 25: 3-37.

Kamentsky, R. 1996. Life cycle and morphologicl features of *Allium* L. species in connection with geographical distribution. Bocconea 5: 251-257.

Kheirkhah, M., and Dadkhah, A. 2009. Study of *Allium altissimum* Regel. Phenology and consider how to domesticating it. Horticulture Researches in Pajouhesh and Sazandegi 82: 19-24.

Kilgori, M.J. Magaji, M.D. and Yakubu, A.I. 2007. Effect of plant spacing and date of planting on yield of two Garlic (*Allium Sativum* L.) cultivars in Sokoto, Nigeria. American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Science 2(2): 153-174.

Koocheki, A., Sabet Teimouri, M. 2011. Effects of irrigation and fertilization on yield three crops every drug: Lavender (*Lavandula angustifolia*), rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and hyssop (*Hyssopus officinalis*) in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 9: 1-9. (In Persian with English Summary)

Lindquist, J.L., Arkebauer, T.J., Walters, D.T., Cassman, K.G., and Dobermann, A. 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. Agronomy Journal 97: 72-78.

MC Giffen, M.E., and Masiunans, J.B. 1992. Prediction of black and eastern black nightshade (*Solanum nigrum* and *S. Ptycanthum*) growth using degree-days. Weed Science 40: 86-96

Mohammedali, G.H. 2005. Effect of Plant Population Densities on Yield and Quality of White Dehydration Onion in the Northern Sudan. Proceedings of the Meetings of the National Crop Husbandry Committee 40th (2005): 213-219.

Masnatta, W.J., and Ravetta, D.A. 2011. Seed-yield and yield components response to source-sink ratio in annual and perennial species of Lesquerella (Brassicaceae). Industrial Crops and Products 34: 1393-1398.

Matsuda, R., Suzuki, K., Nakano, A., Higashide, T., and Takaichi, M. 2011. Response of leaf photosynthesis and plant growth to altered source-sink balance in a Japanese and a Dutch tomato cultivar. Scientia Horticulture 127: 520-527.

Oliver, C.R., and Annandale, J.G. 1998. Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum Sativum* L.). Field Crop Research 56: 301-307.

Ong, C.K. 1983. Response to temperature in a stand of pearl millet (*Pennisetum typhoids* S. and H.). I. Vegetable development. Experimental Botany 34: 322-336.

Pakyürek, Y., Abak, K., Sari, N., and Güler, H.Y. 1994. Effects of sowing dates and plant densities on the yield and quality of some onion varieties in Southeast Anatolia. 7th International Symposium on Timing Held of Vegetables, Skicrniewice, Poland, 23-27 Aug. 1993. Adas Horticultural 371: 209-214.

Rechinger, K.H. 1984. Flora Iranica, Alliaceae. Akademische Druck, University Verlagsanstalt Graz, Austria 76: 85.

Rezvan Bidokhti, S. 2012. Study of some agro physiologic characteristics of industrial plant Shallot. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Rizk, F.A. 1997. Productivity of onion plant (*Allium ccpa* L.) as affected by method of planting and NPK application. Egypt Journal of Horticulture 24(2): 219-228.

Rubatzky, V.E., Yamaguchi, M. 1997. World Vegetables, Principles, Production and Nutritive Values, Second Ed. Chapman and Hall. International Thompson Publishing.

Schippman, U., Leaman, D.J., and Cunningham, A.B. 2006. A comparison of cultivation and wild collection of medicinal and aromatic plants under sustainability aspects. In: Borgers, R.J., Craker, L.E., Lange, D. (Eds.). Medicinal and aromatic plants. Pub Springer, Printed in Netherlands 75-95.

Sepahvand, A., Astereki, H., Naghavi, M.R., Daneshian, J., and Mohammadian, A. 2008 Evaluation of morphological variation in different accession of *Allium hirtifolium* Boissier. from Lorestan Province. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(1).

Weerasinghe, S.S., Fordhan, R., Babik, I., and Rumpel, J. 1994. The effect of plant density on onion established from multi-seeded transplants. 7th International Symposium on Timing Held of Vegetables, Skiemicwice, Poland. Acta Horticulturae 371: 97-104.

Zemah, H., Rabinowitch, H.D., and Kamentesky, R. 2001. Florogenesis and flowering physiology of ornamental geophytes *Allium alfatunense*. Horticulture Science and Biotechnology 76: 507-513.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۵۷-۸۴۸

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 848-857

بررسی اثر فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی سویا (*Glycine max* L.) تحت رقابت علف‌های‌هرز

زهرا جوزایان[۱]، علیرضا یدوی[۲*]، محسن موحدی دهنوی[۲] و عیسی مقصودی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۰۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۰۹

چکیده

به منظور بررسی تأثیر فاصله ردیف و تراکم بوته بر عملکرد کمی و کیفی سویا (*Glycine max* L.) در شرایط رقابت علف‌های‌هرز، آزمایشی در مزرعه دانشکده کشاورزی یاسوج در تابستان ۱۳۸۹ اجرا شد. این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی شامل رقابت علف‌هرز (در دو سطح کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز طبیعی مزرعه) و عامل فرعی شامل فاکتوریل فاصله ردیف سویا (با سه سطح ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر) و تراکم کاشت (با سه سطح ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع) بود. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که با افزایش تراکم کاشت سویا و کاهش فاصله ردیف آن عملکرد دانه این محصول به طور معنی‌داری افزایش می‌گردد، به طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع (۲۴۰۵ کیلوگرم در هکتار) و فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر (۲۳۶۸ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. همچنین رقابت علف‌های‌هرز باعث کاهش معنی‌دار ۳۷ درصدی عملکرد دانه سویا شد. افزایش تراکم و کاهش فاصله ردیف سویا، عملکرد روغن را افزایش داد در حالی‌که رقابت علف‌های‌هرز منجر به کاهش ۳۸ و ۴۱ درصدی عملکرد روغن و پروتئین گردید. همچنین با افزایش تراکم و کاهش فاصله ردیف سویا، وزن خشک علف‌های‌هرز کاهش یافت، به طوری‌که کمترین وزن خشک از فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متری (۵۳۱/۳ گرم) و تراکم کاشت ۶۰ بوته در مترمربع (۵۲۳/۲ گرم) به دست آمد. نتایج به دست آمده حاکی از مؤثر بودن افزایش تراکم کاشت و کاهش فاصله ردیف سویا برای کنترل علف‌های‌هرز می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آرایش کاشت، پروتئین، روغن، عملکرد دانه

مقدمه

کشور ما در حال حاضر یکی از کشورهای عمده وارد کننده روغن خام بوده که بیشتر این واردات به روغن سویا (*Glycine max* L.) اختصاص دارد. ارزش این گیاه به دلیل روغنی بودن دانه آن و همچنین مناسب بودن آن جهت تأمین پروتیئن انسان و دام می‌باشد (Naseri et al., 2010). به طور متوسط از هر ۱۰۰ کیلوگرم دانه ارقام روغنی سویا، ۱۸ کیلوگرم روغن و ۷۶ کیلوگرم کنجاله (حاوی ۴۰ درصد پروتئین) به دست می‌آید (Masuda & Golsmith, 2009). علف‌های‌هرز از دیرباز به عنوان رقیب اصلی گیاهان زراعی مطرح بوده‌اند. این گیاهان به دلیل رقابت با گیاهان زراعی بر سر نور، آب و عناصر غذایی، کاهش کمیت و کیفیت محصول و ایجاد پناهگاهی مناسب برای حشرات و عوامل بیماریزا، می‌توانند مشکل‌ساز باشند. امروزه به دلیل مقاومت علف‌های‌هرز به علفکش‌ها و به تبع آن محدودیت استفاده از علف‌کش‌ها، روش‌های کنترل زراعی از اهمیت زیادی برخوردار شده است. از جمله روش‌های کنترل زراعی، افزایش توانایی رقابتی گیاه زراعی در مقابل علف‌های‌هرز با استفاده از روش‌های کنترل تلفیقی است. تعیین تراکم بهینه یکی از عوامل مهم برای دستیابی به بیش‌ترین عملکرد، با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه و ویژگی ارقام کشت شده می‌باشد (Noormohammadi et al., 2001). به طوری‌که افزایش تراکم گیاهی می‌تواند یک روش مؤثر برای افزایش سهم گیاه زراعی از کل موجودی منابع حیاتی باشد. کاهش فاصله بین ردیف‌ها همراه با افزایش تراکم در

۱، ۲ و ۳- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات و دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: Yadavi@yu.ac.ir)

واحد سطح، می‌تواند از طریق استفاده کاراتر از انرژی خورشیدی و کاهش سریع انتقال نور از میان سایه‌انداز، باعث کاهش رشد علف‌های‌هرز و افزایش تولید شود. از طرف دیگر، تراکم بالا و ردیف-های باریک به واسطه سایه‌اندازی بیشتر، قدرت رقابتی محصول با علف‌هرز را افزایش می‌دهد (Miguel et al., 2005). در این رابطه تحقیقات نشان داده است که افزایش میزان بذر گندم از ۶۷ تا ۱۳۴ کیلوگرم در هکتار، تولید بذر یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) را ۲۱ تا ۲۵٪ کاهش می‌دهد (Robert, 2004). از سوی دیگر، با افزایش تراکم گندم در دامنه ۲۰۰ تا ۴۰۰ بوته در متر مربع شاخص سطح برگ، وزن خشک و بذر تولیدی در واحد سطح علف‌هرز تربچه وحشی کاهش یافته و از اثر سوء این علف‌هرز بر عملکرد دانه گندم کاسته شده است (Eslami et al., 2006). همچنین افزایش تراکم در گیاه جو (*Hordeum vulgare* L.) سبب کاهش نقصان عملکرد دانه در اثر تداخل علف‌هرز یولاف وحشی شد، به طوری‌که کاشت جو در تراکم ۱۶۰، ۲۲۰ و ۲۸۰ بوته در متر مربع همراه با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع یولاف وحشی نشان داد که افزایش تراکم جو، موجب کاهش زیست توده یولاف وحشی شده و از اثرات رقابتی یولاف وحشی در برابر گیاه زراعی می‌کاهد (Scursoni & Satorre, 2005). سویای کاشته شده در فاصله ردیف ۱۹ سانتی‌متری نسبت به فاصله ردیف ۷۶ سانتی‌متر بیشترین رقابت را با علف‌هرز تاج‌ریزی (*Solanum nigrum* L.) نشان می‌دهد و افزایش تراکم در فاصله ردیف ۷۶ سانتی‌متری از ۱۸۵۰۰۰ به ۴۳۲۰۰۰ بوته در هکتار وزن خشک تاج‌ریزی را به مقدار قابل توجهی کاهش می‌دهد (Rich & Renner, 2007). گزارش شده کنترل علف‌های‌هرز و عملکرد سویا در کشت با ردیف‌های۳۶ سانتی‌متری با تراکم بالا و مصرف ۲۵ درصد میزان توصیه شده علف‌کش، بیشتر و یا برابر با حالتی بود که در ردیف‌های ۶۰ سانتی‌متری با تراکم پایین و میزان علف‌کش مصرفی ۱۰۰ درصد توصیه شده کاشته شد (Samdani et al., 2005). محققین دیگری نیز اظهار داشتند که افزایش تراکم سویا از ۱۰۳۰۰ به ۸۵۰۰۰ بوته در هکتار و یا کاهش فاصله ردیف‌های سویا از ۴۶ به ۲۳ سانتی‌متر، عملکرد سویا را افزایش می‌دهد (Holshouser & Whittaker, 2002).

نکته قابل توجهی که در رابطه با کاهش فاصله ردیف و افزایش تراکم کاشت سویا مدنظر می‌باشد، تأثیر آن بر کنترل و مدیریت تلفیقی علف‌های‌هرز می‌باشد. نحوه توزیع و تراکم بوته‌ها در مزرعه بر جذب و بهره‌وری از عوامل محیطی مؤثر بر رشد و رقابت درون و برون بوته‌ای، تأثیر دارد و در نهایت از عوامل تعیین کننده عملکرد دانه است (Aineband & Agassi, 2007). افزایش تعداد گیاه در واحد سطح به علت سایه‌اندازی بیشتر موجب کاهش نور قابل استفاده برای هرگیاه خواهد شد و از این رو باعث کاهش عملکرد بوته می‌گردد. در صورتی‌که افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد مطلوب کاهش عملکرد تک بوته را جبران نموده و عملکرد در واحد سطح را افزایش می‌دهد (Khademhamzeh et al., 2004). مطالعات زیادی نشان داده است که با افزایش تراکم گیاهی عملکرد دانه تا حدی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده‌ای از تراکم، عملکرد ثابت می‌ماند و افزایش بیشتر تراکم گیاهی به علت تشدید رقابت بین گیاهان منجر به کاهش عملکرد می‌شود. همچنین انتخاب تراکم بوته تأثیر عمده‌ای بر اجزای عملکرد گیاهی دارد، به نحوی که با انتخاب تراکم مطلوب بوته می‌توان عملکرد مناسبی را به دست آورد (Widdicombe & Thelen, 2002). با افزایش تراکم، شدت نور در پوشش گیاهی کاهش یافته و سبب کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در گیاه می‌شود (Keshiri et al., 2006). در همین راستا تعداد دانه در غلاف در برخی از لگوم‌های دانه‌ای تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفته و با افزایش تراکم کاهش می‌یابد (Ayaz et al., 2001).

فاصله ردیف‌های باریک، توانایی رقابت را در بسیاری از گیاهان به دلیل بسته شدن سریع‌تر کانوپی و شروع زود هنگام رقابت با علف‌های‌هرز بهبود می‌دهد (Raey et al., 2005; Olsen et al., 2005). افزایش تراکم گیاهی روشی مؤثر برای افزایش سهم گیاه زراعی از کل موجودی منابع حیاتی باشد که دسترسی علف‌های‌هرز را به این منابع کاهش می‌دهد (Blackshaw et al., 1999; Regan et al., 2003). بنابراین، یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی با هدف دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت مطلوب، تعیین بهترین تراکم و آرایش کاشت گیاه زراعی از جمله سویا است (Kebraii et al., 2009). با توجه به اهمیت مدیریت علف‌های‌هرز در تولید محصول سویا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر فاصله ردیف و تراکم‌های مختلف سویا بر عملکرد کمی و کیفی این گیاه در شرایط رقابت علف‌های‌هرز در منطقه یاسوج انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج با مشخصات جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی، با ارتفاع ۱۸۷۰ متری از سطح دریا که در شمال شرقی استان کهگیلویه و بویراحمد واقع شده است، در تابستان ۱۳۸۹ انجام گرفت. آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل دو سطح کنترل و عدم کنترل علف‌های‌هرز طبیعی مزرعه بود. عامل فرعی شامل فاکتوریل فاصله ردیف سویا با سه سطح ۳۰، ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت با سه سطح ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع بود. پس از شخم و تهیه مقدماتی زمین آزمایش، براساس آزمون خاک کودهای اوره و سوپرفسفات تریپل به میزان ۱۰۰ و۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور یکنواخت در زمین پخش گردید. ابعاد کرت‌های آزمایش ۳ × ۶ متر، فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها، دو متر لحاظ گردید. کشت به صورت دستی انجام شد. درطول فصل رشد برای کرت‌های عاری از علف‌هرز وجین دستی علف‌های‌هرز انجام شد. برای تعیین تعداد غلاف در بوته، ۲۰ بوته متوالی از خطوط کاشت از هر کرت آزمایشی انتخاب و تعداد غلاف آن شمارش و میانگین آن برای هر بوته محاسبه شد. همچنین تعداد دانه در غلاف با میانگینی از تعداد دانه در غلاف‌های به دست آمده از این ۲۰ بوته محاسبه شد. وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی دقیق الکترونیکی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت گردید. همچنین برای تعیین وزن خشک علف‌های هرز در مرحله غلاف‌دهی سویا در تیمارهای آلوده به فلور کامل علف‌هرز در سطحی معادل ۰/۵ مترمربع تمام علف‌های‌هرز کف بر شدند و برای محاسبه وزن خشک در آون در دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و سپس توزین شدند. برداشت نهایی جهت تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک از سه ردیف میانی هر کرت با رعایت حاشیه نیم متری، صورت گرفت. درصد روغن دانه با استفاده از روش مستقیم (توسط دستگاه سوکسله) و درصد پروتئین با استفاده از دستگاه کجلدال (مدل تکاتور ۱۰۳۰) و از روش امامی (Emami, 1996) اندازه‌گیری شد. برای تجزیه واریانس و تجزیه همبستگی داده‌ها از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد و میانگین داده‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج نشان داد که اثرات رقابت علف‌های‌هرز، تراکم کاشت، فاصله ردیف سویا و برهمکنش بین تیمارهای تراکم کاشت و رقابت علف‌های‌هرز بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر برهمکنش تراکم کاشت و رقابت علف‌هرز بر تعداد غلاف در بوته (شکل ۱) نشان داد در شرایط عاری از علف‌هرز بیشترین تعداد غلاف مربوط به تراکم ۴۰ بوته در مترمربع سویا بود ولی در حضور علف‌های‌هرز بیشترین تعداد غلاف مربوط به تراکم ۵۰ بوته در مترمربع سویا بود و رقابت علف‌های‌هرز در تراکم ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به ترتیب باعث کاهش ۳۶/۴، ۱۴/۹ و ۱۳/۵ درصدی تعداد غلاف در بوته گردید. این نتایج نشان‌دهنده افزایش توان رقابتی گیاه سویا در برابر علف‌های‌هرز با افزایش تراکم سویا می‌باشد. به - طوری‌که حضور علف‌های‌هرز یا عدم حضور علف‌های‌هرز اختلاف معنی‌داری در تعداد غلاف سویا در تراکم کاشت ۶۰ بوته در مترمربع ایجاد نکرد (شکل ۱). برخی محققین گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت سویا به دلیل افزایش سرعت بسته شدن کانوپی گیاهی کنترل پایدارتر علف‌های‌هرز حاصل شد؛ به طوری‌که خسارت علف‌های‌هرز بر عملکرد و اجزاء عملکرد سویا کمتر شده است (Norsworthy & Oliver, 2001). مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف کاشت سویا بر تعداد غلاف در بوته نشان داد که با کاهش فاصله ردیف تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد. با این‌حال، اختلاف معنی‌داری در فاصله ردیف کاشت ۴۵ و ۶۰ سانتی‌متر مشاهده نگردید (جدول ۲).

تعداد دانه در غلاف

نتایج نشان داد که تأثیر هیچ‌کدام از فاکتورهای تراکم کاشت، فاصله ردیف سویا و رقابت علف‌های‌هرز و نیز برهمکنش بین این تیمارها، بر تعداد دانه در غلاف، معنی‌دار نشد (جدول ۱). در همین راستا محققین گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف در گیاه سویا تحت تأثیر فاصله ردیف کاشت و تراکم سویا قرار نگرفته است (Keshiri et al., 2006). همچنین در مطالعه‌ای روی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش شد که تعداد دانه در غلاف در شرایط حضور و عدم حضور علف‌های‌هرز اختلاف معنی‌داری نشان نداده است (Ghanbari & Taherimazandarani, 2003).

وزن هزار دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر فاصله ردیف سویا، رقابت علف‌های‌هرز و برهمکنش تراکم و رقابت علف‌های‌هرز در سطح احتمال پنج درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار، اما تأثیر تراکم کاشت بر وزن هزار دانه غیر معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف سویا برای وزن هزار دانه نیز نشان داد که با کاهش فاصله ردیف وزن هزار دانه سویا افزایش معنی‌داری پیدا کرد، به طوری‌که بیشترین و کمترین وزن هزار دانه به ترتیب در فاصله ردیف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متری به دست آمد (جدول ۲). در شرایط تراکم ثابت، کاهش فاصله ردیف با افزایش فاصله بوته روی ردیف همراه بوده که در این حالت آرایش کاشت به آرایش مربع نزدیک‌تر شده و رقابت درون گونه‌ای بین تک بوته‌های سویا کمتر شده و می‌تواند به افزایش ظرفیت فتوسنتزی آن ختم شده و وزن هزار دانه افزایش یابد. برخی از مطالعات انجام شده نیز حاکی از افزایش صفت وزن هزار دانه در اثر کاهش فاصله ردیف کاشت می‌باشد (Uslu, 1998). مقایسه میانگین برهمکنش اثر تراکم کاشت سویا و رقابت علف‌هرز بر وزن هزار دانه سویا (شکل ۲) نشان داد که در تراکم‌های ۴۰ و۵۰ بوته در متر مربع سویا رقابت علف‌های‌هرز منجر به کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه شده، ولی این کاهش در تراکم ۶۰ بوته در متر مربع سویا معنی‌دار نبود به طوری‌که میزان کاهش وزن هزار دانه در اثر رقابت علف‌های‌هرز برای تراکم‌های ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در متر مربع به ترتیب ۱۶/۴۴، ۱۴ و ۷/۵۳ درصد بوده است. این نتایج بیانگر کاهش اثرات رقابتی علف‌های‌هرز در تراکم‌های بالاتر سویا بر توان فتوسنتزی این گیاه می‌باشد و در تراکم‌های بالاتر سویا به دلیل سایه‌اندازی بیشتر بر روی علف‌های‌هرز از اثرات رقابتی آن‌ها کاسته شده است.

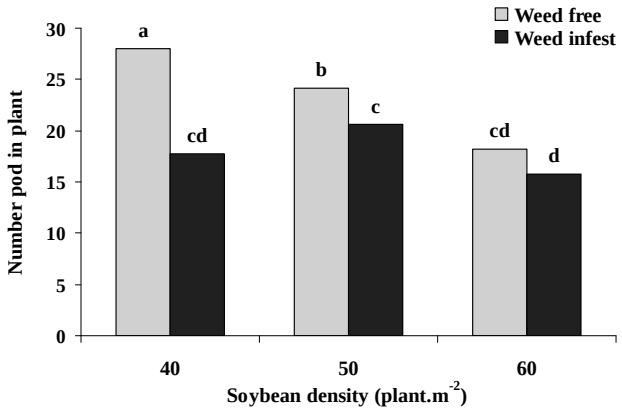
جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی سویا در فاصله ردیف و تراکم‌های مختلف و رقابت علف‌های‌هرز

Table 1- Analysis of variance to evaluate different soybean row spacing and plant density and weed competition

منابع تغییر Source of variation	میانگین مربعات Mean of square							
	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number pod in plant	تعداد دانه در غلاف Number Seed per pod	وزن هزار دانه 1000- grain weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد پروتئین Protein percent	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield
تکرار Replication	2	182.6 ^{ns}	2.27 ^{ns}	931.8 ^{ns}	5377759 *	8.51 *	54.1 ^{ns}	21641 ^{ns}
رقابت علف‌هرز (A) Weed competition (A)	1	389.2 *	0.19 ^{ns}	4490.0 *	12581247 *	6.50 ^{ns}	217.0 ^{ns}	569210 *
خطای اصلی Main Error	2	11.7	0.31	187.7	153552	71.2	4.04	12421
فاصله ردیف (B) Row spacing (B)	2	54.7 **	0.1 ^{ns}	472.5 *	931543 **	47.1 ^{ns}	3.01 ^{ns}	27474 **
تراکم کاشت (C) Plant density (C)	2	191.4 **	0.03 ^{ns}	58.0 ^{ns}	2273552 **	73.5 *	39.3 ^{ns}	88334 **
A×B	2	6.96 ^{ns}	0.01 ^{ns}	3.74 ^{ns}	200356 ^{ns}	12.3 ^{ns}	97.1 ^{ns}	5678 ^{ns}
A×C	2	82.3 **	0.003 ^{ns}	327.0 *	112295 ^{ns}	2.20 ^{ns}	26.6 ^{ns}	6737 ^{ns}
B×C	4	3.15 ^{ns}	0.02 ^{ns}	4.13 ^{ns}	97645 ^{ns}	40.5 ^{ns}	53.2 ^{ns}	3148 ^{ns}
A×B×C	4	7.01 ^{ns}	0.007 ^{ns}	3.71 ^{ns}	17451 ^{ns}	63.1 ^{ns}	72.0 ^{ns}	1175 ^{ns}
خطا Error	32	9.07	0.05	06.92	81707	01.9	57.2	4483
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.4	9.11	85.6	13.2	34.9	87.7	29.15

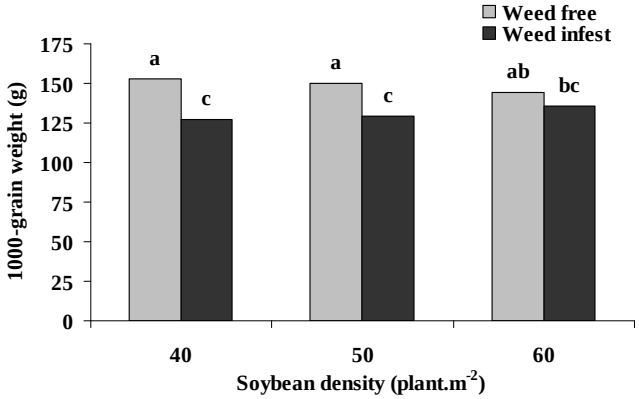
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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



شکل ۱- مقایسه میانگین برهمکنش اثر تراکم کاشت و رقابت علف‌های‌هرز بر تعداد غلاف در بوته سویا

Fig. 1- Mean comparison of the interaction of plant density and weed competition on soybean pods per plant



شکل ۲- مقایسه میانگین برهمکنش اثر تراکم کاشت و رقابت علف‌های‌هرز بر وزن هزار دانه سویا

Fig. 2- Mean comparison of the interaction of plant density and weed competition on soybean 1000- grain weight

عملکرد دانه

با توجه به نتایج آنالیز آماری داده‌ها مشاهده می‌شود که اثر هر سه تیمار تراکم کاشت، فاصله ردیف و رقابت علف‌هرز بر عملکرد دانه سویا معنی‌دار شد ولی برهمکنش هیچ یک از تیمارهای آزمایشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت سویا بر عملکرد دانه نشان داد که با افزایش تراکم، عملکرد دانه افزایش معنی‌داری پیدا کرد به طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به تراکم کاشت ۶۰ و ۴۰ بوته در متر مربع بود گرچه بین تراکم‌های ۵۰ و۶۰ بوته در متر مربع تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). با افزایش تراکم گیاهی عملکرد دانه تا حدی افزایش می‌یابد و پس از آن در محدوده‌ای از تراکم، عملکرد ثابت می‌ماند و افزایش بیش‌تر در تراکم گیاهی به علت رقابت شدید بین گیاهان باعث کاهش عملکرد گردیده است. مطالعات انجام شده حاکی از آن است که ارتباط مثبتی بین افزایش تراکم کاشت و عملکرد دانه وجود دارد، به طوری‌که عملکرد دانه در تراکم‌های بالاتر به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح افزایش می‌یابد (Regan et al., 2003).

افـزایش تـراکم سـویا بـه دلیـل افـزایش تـوان رقـابتی آن در برابـر علف‌های‌هرز و همچنین زودتر بسـته شـدن کـانوپی و بـه دنبـال آن بهبود جذب نور و تولید مواد فتوسنتزی جهت انتقال به دانه منجـر بـه بهبود اجزاء عملکرد (بـه ویـژه وزن هـزار دانـه) و در نتیجـه افـزایش عملکرد دانه شده است. مقایسه میانگین تـأثیر فاصـله ردیـف سـویا بـر عملکرد دانه (جدول ۲) نیز نشان داد که با کاهش فاصـله ردیـف کاشـت سویا میزان عملکرد دانه افزایش معنی‌داری یافت به طوری‌که بیشترین و کمتـرین عملکـرد دانـه بـه ترتیـب مربـوط بـه فاصـله ردیـف ۳۰ و ۶۰ سانتی‌متر سویا می‌باشد، گرچه بین فاصله ردیـف ۳۰ و ۴۵ سـانتی‌متـری سویا تفاوت معنی‌داری از لحاظ عملکرد وجود ندارد. مطالعات نشـان داده که عملکرد سویا در فواصل ردیف باریک در مقایسه با فواصل ردیف پهن، به دلیل افزایش تعـداد غـلاف در بوتـه و وزن هـزار دانـه، بیشـتر اسـت (Board & Harville, 1999). در فواصـل ردیـف باریـک شـاخص سطح برگ بیشتر بوده و به دنبال آن کانوپی گیاهی سریع‌تر بسته می‌شود که این امر منجر به کاهش اثرات رقابتی علف‌های‌هرز و در نتیجه کاهش خسارت علف‌های‌هرز به عملکرد دانه می‌گـردد. مقایسـه میـانگین تـأثیر رقابت علف‌های‌هرز نیز نشان داد که رقابت علف‌های‌هـرز کـاهش ۳۸/۸ درصدی عملکرد دانه را به دنبال دارد (جدول۲). رقابـت موجـب کـاهش فراهمی عناصر تولید (نیتروژن، آب و نور) برای سویا شـده کـه ایـن امـر منجر به تأخیر در بسته شدن کانوپی و کاهش جذب نور و بـه دنبـال آن کاهش تولید مواد فتوسنتزی و انتقال آن به دانه گردیده است. در گزارشی کاهش عملکرد سویا در نتیجـه تـداخل نـوعی علـف‌هـرز ۵۷ درصـد گزارش شده است‌که مهمترین علت کاهش عملکـرد دانـه سـویا در اثـر رقابت علف‌های‌هرز را کاهش تعداد غلاف در بوته بیان نمودنـد (Raey et al., 2005).

درصد پروتئین دانه

در بین تیمارهای آزمایشی تنها تأثیر تراکم کاشت سویا، در سطح احتمال پنج درصد بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود و سایر تیمارها و همچنین برهمکنش آن‌ها تأثیر معنـی‌داری بـر درصـد پـروتئین دانـه نداشت (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت سـویا بـر درصـد پروتئین دانه سویا نشان داد که بیشترین و کمتـرین درصـد پـروتئین دانه به ترتیب مربوط به تراکم کاشت ۴۰ و ۶۰ بوته در متر مربع بوده و بین تراکم ۴۰ و ۵۰ بوته در متر مربع از نظـر درصـد پـروتئین دانـه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲). تراکم بوته تأثیر معنی-داری بر پروتئین خام دانه دارد به طوری‌که در تراکم‌های بالا به دلیل سایه اندازی بیشتر بوته‌ها روی یکدیگر، تولید مواد فتوسنتزی و تبدیل آن‌ها به ترکیبات پروتئینی کاهش می‌یابد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات تراکم کاشت، فاصله ردیف و رقابت علف‌هرز برای صفات مورد ارزیابی سویا

Table 2- Mean comparison the effects of planting density, row spacing and weed competition for soybean traits

تیمار Treatment			تعداد غلاف در بوته Number pod in plant	تعداد دانه در غلاف Number seed per pod	وزن هزار دانه (گرم) 1000- grain weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	محتوی پروتئین (درصد) Protein content (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم بر هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)
تراکم کاشت (بوته در مترمربع) Plant density ($plants.m^{-2}$)	فاصله ردیف (سانتی‌متر) Row space (cm)	رقابت علف‌هرز Weed competition						
40	-	-	22.99 a	2.50 a	139.80 a	1752 b	33.10 a	357.06 b
50	-	-	22.56 a	2.40 a	140.06 a	2321 a	32.90 a	479.27 a
60	-	-	17.14 b	2.40 a	140.19 a	2406 a	30.20 b	477.51 a
-	30	-	22.50 a	2.55 a	145.20 a	2368 a	33.12 a	472.97 a
-	45	-	21.02 ab	2.50 a	139.90 ab	2194 a	31.63 a	445.10 a
-	60	-	19.95 b	2.38 a	134.90 b	1917 b	31.61 a	395.80 b
-	-	بدون علف‌هرز Weed free	23.58 a	2.53 a	149.15 a	2642 a	33.10 a	540.60 a
-	-	آلوده به علف‌هرز Weed infest	18.21 b	2.40 a	130.90 b	1677 b	31.10 a	335.20 b

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Similar letters in each column indicate no significant differences based on Duncan's multiple range test at the five percent level

همچنین با کاهش تراکم، سهم تولید ترکیبات پروتئینی از مواد فتوسنتزی بیشتر شده که این امر افزایش پروتئین را به دنبال داشته است. محققین در مطالعات خود روی سویا گزارش کردند که میزان پروتئین در تراکم‌های پایین‌تر افزایش می‌یابد و رقابت علف‌های‌هرز، سبب کاهش درصد پروتئین می‌گردد (Vasilia et al,. 2005).

درصد روغن دانه سویا

اثر تراکم کاشت، فاصله ردیف سویا و رقابت علف‌های‌هرز بر درصد روغن دانه سویا معنی‌دار نشد. همچنین برهمکنش هیچ یک از تیمارها بر درصد روغن دانه سویا معنی‌دار نشد (جدول ۳). در همین ارتباط بنا بر گزارش برخی از پژوهشگران درصد روغن دانه سویا تحت تأثیر تراکم کاشت سویا قرار نگرفت (Kebraii et al., 2009). همچنین در گزارشی در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.)، میزان روغن دانه تحت تأثیر تراکم بوته قرار نگرفت (Yazdifar et al., 2008).

عملکرد روغن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تراکم کاشت، فاصله ردیف سویا و رقابت علف‌های‌هرز بر عملکرد روغن دانه معنی‌دار شد ولی اثر هیچ یک از برهمکنش‌های بین تیمارها بر این صفت معنی‌داری نبود (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر تراکم کاشت سویا بر عملکرد روغن سویا (جدول ۲)، نشان داد که با افزایش تراکم بوته سویا از ۴۰ به ۵۰ بوته در متر مربع عملکرد روغن افزایش معنی‌داری پیدا کرد ولی افزایش بیشتر تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت. با توجه به عملکرد دانه بیشتر در تراکم بالاتر سویا این افزایش عملکرد روغن در اثر افزایش تراکم قابل توجیه می‌باشد. از طرف دیگر عملکرد روغن دانه سویا با کاهش فاصله ردیف افزایش معنی‌داری نشان داد به طوری‌که بیشترین عملکرد روغن (۴۷۲/۹۷ کیلوگرم در هکتار) در فاصله ردیف ۳۰ سانتی‌متر به دست آمد (جدول ۲). اثر فاصله ردیف کاشت بر عملکرد روغن در گیاهان دیگر نیز معنی‌دار بود به طوری‌که با کاهش فاصله ردیف کاشت بر عملکرد روغن افزوده شده است (Ozel et al., 2004).

مقایسه تیمار رقابت علف‌های‌هرز، بیانگر کاهش ۳۸ درصدی عملکرد روغن دانه سویا در شرایط رقابت نسبت به شرایط عدم رقابت علف‌های‌هرز بود (جدول ۲). برخی از محققین گزارش دادند که کنترل علف‌های‌هرز سبب افزایش ۳۴ درصدی عملکرد روغن دانه گردیده است. احتمالاً این امر از عدم رقابت علف‌های‌هرز برای منابع رشدی ناشی می‌شود، به طوری‌که با دسترسی مناسب گیاه به منابع محیطی و استفاده مناسب از فصل رشد، زمان لازم برای سنتز درصد مناسب روغن از هیدرات‌های کربن در مراحل اول و از پروتئین در مراحل بعدی پر شدن دانه فراهم می‌گردد.

تراکم کل علف‌هرز

نتایج تجزیه واریانس بیانگر تأثیر معنی‌دار فاصله ردیف سویا بر تراکم علف‌های‌هرز بود؛ اما تأثیر تراکم کاشت سویا بر این صفت معنی‌دار نشد. همچنین بر همکنش دو تیمار تراکم و فاصله ردیف بر صفت تراکم کل علف‌هرز معنی‌دار نگردید (جدول ۳). در تعیین شدت رقابت بین علف‌های‌هرز و گیاهان زراعی عوامل متعددی ازجمله تراکم، زمان سبز شدن، توزیع در سطح (پراکنش) و طول مدت حضور علف‌هرز و نیز تراکم و آرایش کشت گیاهان زراعی نقش دارند (Zimdahl, 1993). تراکم علف‌هرز بخشی از افت عملکرد گیاه زراعی را در رقابت با علف‌هرز تعیین می‌کند (Abbas dukht, 2003). کمترین (۵۶ عدد) و بیشترین (۹۳ عدد) تراکم علف‌هرز به ترتیب در فاصله ردیف ۳۰ و۶۰ سانتی‌متری مشاهده شد. همچنین از لحاظ آماری بین فاصله ردیف ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۳). به نظر می‌رسد که در فاصله ردیف باریک به علت نزدیک شدن به آرایش کاشت یکنواخت‌تر و بسته شدن سریع‌تر کانوپی گیاه سویا، علف‌های‌هرز فرصت کمتری برای ظهور پیدا کرده‌اند.

وزن خشک کل علف‌های‌هرز

نتایج نشان داد که اثر فاصله ردیف و تراکم‌کاشت سویا بر وزن خشک علف‌هرز به ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود. بر همکنش دو تیمار تراکم‌کاشت و فاصله ردیف سویا بر صفت وزن خشک کل علف‌هرز معنی‌دار نگردید (جدول ۳). کمترین وزن خشک علف‌های‌هرز در فاصله‌ردیف ۳۰ سانتی‌متری و به دلیل عدم وجود فضای کافی برای رشد و توسعه اندام‌های هوایی علف‌های‌هرز و زودتر بسته شدن پوشش گیاهی سویا، مشاهده گردید (شکل ۴). به

عقیده برخی از محققین دلیل کاهش زیست توده علف‌های‌هرز در ردیف‌های باریک و تراکم‌های بالاتر، افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز در گیاه زراعی است (Murphy et al., 1996). با افزایش تراکم‌کاشت سویا وزن خشک علف‌های‌هرز کاهش می‌یابد (شکل ۴). به طوری‌که کمترین وزن خشک علف‌هرز (۵۲۳ گرم در مترمربع) از تراکم ۶۰ بوته در مترمربع سویا به دست آمد. گرچه بین تراکم ۵۰ و ۶۰ بوته از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴).

با افزایش سایه‌اندازی گیاه زراعی بر روی علف‌هرز در اثر افزایش تراکم کاشت، میزان تجمع ماده خشک در گونه‌هایی که در زیر کانوپی قرار گرفته‌اند کاهش می‌یابد (Rajcan & Swanton. 2001). به نظر می‌رسد که در تراکم بالای سویا به دلیل افزایش سطح برگ سویا، کمیت و کیفیت نوری که به پایین کانوپی رسیده تغییر کرده و ضمن جلوگیری از ظهور علف‌های‌هرز جدید، رشد و وزن خشک بوته‌های روئیده شده علف‌های‌هرز را کاهش می‌دهد. در همین راستا گزارش شده که با افزایش تراکم کاشت لوبیا از ۲۴ به ۴۸ بوته در متر مربع، وزن خشک علف‌هرز تاجریزی کرکدار(*Solanum sarrochoides* L.) کاهش یافت (Blackshaw et al., 1999).

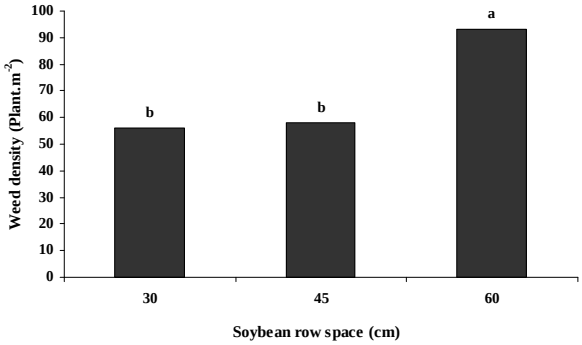
جدول ۳- تجزیه واریانس تراکم و وزن خشک علف‌های هرز در فاصله ردیف و تراکم های مختلف سویا

Table 3- Analysis of variance density and dry weight of weeds in soybean row spacing and density

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of square	
		تراکم علف‌هرز Weed density	وزن خشک علف‌هرز Weed dry weight
تکرار Replication	2	1371 ns	94.9 ns
فاصله ردیف (A) Row spacing (A)	2	5603 *	3989 **
تراکم کاشت (B) Plant density (B)	2	7210 ns	920 *
A×B	4	6650 ns	0.244 ns
خطا Error	16	9544	306.6
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	16.17	17.25

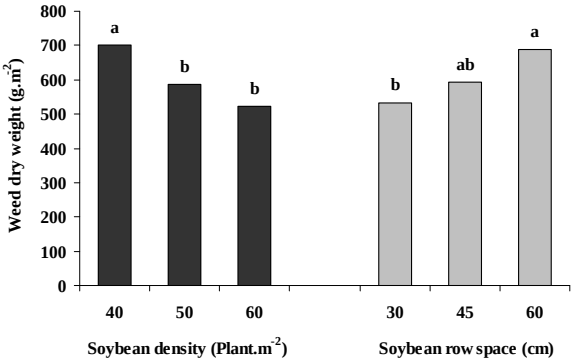
ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر فاصله ردیف کاشت سویا بر تراکم علف‌های‌هرز

Fig. 3- Mean comparison of soybean row spacing effect on weed density



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر تراکم بوته و فاصله ردیف کاشت سویا بر وزن خشک علف‌های‌هرز

Fig. 4- Mean comparison of plant density and soybean row spacing effect on weed dry weight

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با کاهش فاصله ردیف سویا تا ۳۰ سانتی‌متر و همچنین با افزایش تراکم این محصول از طریق بهبود توان رقابتی این گیاه در برابر علف‌های‌هرز می‌توان از خسارت علف‌های‌هرز بر عملکرد کمی و کیفی این محصول کاست و در واقع تغییر آرایش کاشت سویا دارای پتانسیل لازم برای مدیریت پایدار علف‌های‌هرز می‌باشد.

منابع

Abbas dukht, H. 2003. Eco-physiological studies of competition pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) with soybean (*Glycine max* L.). PhD thesis of Agriculture, Tehran University, Tehran, Iran. 210 pp. (In Persian with English Summery)

Aineband, A., and Agassi, V. 2007. Effect of different methods of crop management and yield components of maize. Journal of Agricultural Science 30: 71-84. (In Persian with English Summery)

Rich, A.M., and Renner, K.A. 2007. Row spacing and seeding rate effects on eastern black nightshade (*Solanum ptycanthum*) and Soybean Weed Technology 21(1): 124-130.

Ayaz, S., McNeil, D.L., McKenzie, B.A., and Hill, G.D. 2001. Population and sowing depth effects on yield components of grain legumes. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference (Presented 31 January)

Blackshaw, R.E., Muendel, H.H., and Saindon, G. 1999. Canopy architecture, row spacing and plant density effects on yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in the absence and presence of nightshade (*Solanum sarrochoides*). Canadian Journal of Plant Science 79: 663-669.

Board, J.E., and Harville, B.G. 1999. Path analysis of the yield formation process for late-planting soybean. Agronomy Journal 89: 739-741.

Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Journal of Research, Education and Extension Agriculture 982: 11-28. (In Persian)

Eslami, S.V., Gill, G.S., Bellotti, B., and McDonald, G. 2006. Wild radish (*Raphanus raphanistrum*) interference in wheat. Weed Science 54: 749-756.

Ghanbari, A.A., and Taheri Mazandarani, M. 2003. Effect of planting and weed control on yield and yield components of red bean cultivars Akhtar. Journal of Seed and Plant 19(1): 47-37. (In Persian with English Summery)

Holshouser, D.L., and Whittaker, J.P. 2002. Plant population and row spacing effects on early soybean production system in the mid-Atlantic USA. Agronomy Journal 30: 222-227.

Kebraii, S., Shamsi, K., Rasekhi, B., and Pazki, A. 2009. Effect of plant density on morphological and qualitative traits of soybean. Journal Plant and Ecosystem 81-91. (In Persian with English Summary)

Keshiri, H., Keshiri, M., Zinli, V., and Bagheri, M. 2006. Effect of row spacing and plant density on yield and yield

components of soybean cultivars in summer cultivation. Journal of Agriculture and Natural Research 13: 147-156. (In Persian with English Summery)

Khademhamzeh, H.R., Karimi, M., Rezaii, A., and Ahmadi, M. 2004. Effect of plant density on agronomic traits, yield and yield components of soybeans. Journal of Iranian Agricultural Science 35(2): 367-367. (In Persian with English Summery)

Masuda, T., and Goldsmith, P. 2009. World soybean production: Area harvested Yield, and long-term projections. International Food and Agribusiness Management Review 12: 143-162.

Miguel, Z., Frade, M.M., and Valenciano, J.B. 2005. Effect of sowing density on yield and yield components of spring-sowing irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) growing in Spain. New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science 33: 367-371.

Murphy, S.D., Yakubu, Y., Weise, S.F., and Swanton, C.J. 1996. Effect of planting patterns on intrarow cultivation competition between corn and late emerging weeds. Weed Science 44: 865-870.

Naseri, R., Fasihi, K., Hatami, A., and Poursyahbidi, M.M. 2010. Effect of planting pattern on grain yield, yield components, oil and protein Sina winter safflower varieties in rainfed condition. Journal of Crop Science 12(3): 227-238.

Noormohammadi, G., Syadat, A., and Kashani, A. 2001. Cereal Crops. Chamran University Publication, Ahvaz, Iran 446 pp. (In Persian)

Norsworthy, J.K., and Oliver, L.R. 2001. Effect of seeding rate of drilled glophosate-resistant soybean (*Glycine max*) on seed yield and gross profit margin. Weed Technology 15: 284-292.

Olsen, J.M., Kristensen, L., Weiner, J., and Griepentrog, H.W. 2005. Increased density and spatial uniformity increases weed suppression by spring wheat (*Triticum aestivum*). Weed Research 45: 316-321.

Ozel, A., Demibiek, T., Gur, M.A., and Copu, R.O. 2004. Effect of different sowing date and intrarow spacing on yield and some agronomic traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Harran plain are arid conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28: 413-419.

Raey, Y., Ghassemi Golezani, K., Javanshir, A., Alyari, H., and Mohammadi, S.A. 2005. Interference between shatter cane (*Sorghum bicolor*) and soybean (*Glycine max*). New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 33: 53-58.

Rajcan, I., and Swanton, C.J. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and whole plant. Field Crop Research 71: 139-150.

Regan, K.L., Siddiqe, K.H.M., and Martin, L.D. 2003. Response of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) to sowing rate in Mediterranean type environments of south Western Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 43(1): 84-97.

Robert, N., Stougaard, R.N., and Xue, Q. 2004. Spring wheat seed size and seeding rate effects on yield loss due to wild oat (*Avena fatua*) interference. Weed Science 52: 133-141.

Samdani, B., Nazerian, A., and Yousefi, F. 2005. The effects of reduced herbicide in combination with decreasing distance between the rows of soybean weed density increases ans. Journal of Agricultural Science and Natural Research 57-65. (In Persian)

Scursoni, J.A., and Satorre, E.H. 2005. Barley (*Hordeum vulgare*) and wild oat (*Avena fatua*) competition is affected by crop and weed density. Weed Technology 19: 790-795.

Uslu, N., Akin, A., and Halitigil, M.B. 1998. Cultivar, weed and row spacing effects on some agronomic characters of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in spacing planting. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 22: 533-536.

Vasilia, A., Fasoula A., and Roger, B. 2005. Divergent selection at ultra-low plant density for seed protein and oil content within soybean cultivars. Field Crops Research 91: 217-229.

Widdicombe, W.D., and Thelen, K.D. 2002. Row width and plant density effects on corn grain production in the Northern Corn Belt. Agronomy Journal 94: 1020-1023.

Yazdifar, S., Amini, A., and Ramya, V. 2007. Effect of row spacing and seeding rate on yield, yield components and seed oil of spring rapeseed (*Brassica napus* L.). Agricultural Science and Natural Research 13(2): 58-65.

Zimdahl, R. 1993. Fundamental of Weed Science, Academic press, Inc. USA p. 91-133.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۶۹-۸۵۸

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 858-869

اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mayz* L.) و تعیین بهره‌وری آب در شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان

حمیدرضا سالمی[۱]، علیرضا توکلی[۲*] و نادر حیدری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱٤
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۰٤

چکیده

به منظور مشخص کردن اثر کم‌آبیاری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mayz* L.) تعیین بهره‌وری آب، تحقیقی به مدت سه سال زراعی با چهار تیمار آبیاری: شاهد، آبیاری کامل، ۸۰ درصد آبیاری کامل و ۶۰ درصد آبیاری کامل و دو رقم ذرت علوفه‌ای، به صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در ایستگاه تحقیقات شهید فزوه در شبکه آبیاری نکوآباد اصفهان اجرا شد. قبل از شروع کاشت، نسبت به نمونه‌گیری آب، خاک و انجام آزمون‌های مورد نیاز اقدام شد. نتایج نشان داد از نظر عملکرد دانه، عمق دانه و تعداد دانه در ستون بین تیمارهای آبیاری، تفاوت معنی‌دار ($p \leq ۰/۰۵$) وجود دارد. اما اثر رقم بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد دانه در هر ستون و عمق دانه معنی‌دار نشد. یافته‌ها نشان داد با در نظر گرفتن بررسی‌های آماری و اهمیت بهنیه‌سازی آب مصرفی با کم‌آبیاری و بر اساس مقادیر بهره‌وری آب، تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل بر سایر تیمارها برتری دارد و در سال‌های با محدودیت جدی دسترسی به آب، به عنوان یک روش مدیریتی کارآمد در آبیاری مزارع ذرت توصیه می‌شود، تحت این تیمار با کاهش ۳۶ درصدی آب کاربردی نسبت به آبیاری کامل، فقط ۱۱/۴ درصد عملکرد کاهش یافته است. اما در شرایط معمولی و فقدان محدودیت جدی آب، با توجه به ویژگی‌های کمی محصول ذرت، کسر آبیاری ۲۰٪ (۸۰ درصد از تبخیر و تعرق محصول) مناسب‌ترین گزینه در این مورد است و افت عملکرد نسبت به آبیاری کامل فقط دو درصد است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری، تبخیر و تعرق، جویچه‌ای، خشکسالی

مقدمه

افزایش سریع جمعیت کره زمین، کافی نبودن مواد غذایی و محدودیت‌های موجود در توسعه سطح زیرکشت بسیاری از محصولات زراعی، در تعداد زیادی از کشورهای دنیا سبب گردیده تا محققان و دست‌اندرکاران تولید گیاهان زراعی به فکر پیدا کردن راه حل‌های مناسب و جایگزین برای افزایش بهره‌وری آب[۴] با توجه به ماده خشک[۵] تولید شده به ازای واحد آب مصرفی باشند تا بتوانند به این وسیله کمبودهای غذایی را جبران کنند. تغییر ذائقه مردم از غلات به مواد گوشتی نیز مصرف آب را به چند برابر افزایش می‌دهد. گرچه کمبود آب زمانی یک مسئله محلی یا منطقه‌ای به حساب می‌آمد اما امروزه یک مسئله جهانی است.

ذرت (*Zea mayz* L.) از جمله گیاهانی است که خصوصاً پس از پیدایش ارقام دورگه (هیبرید) با عملکرد بالا و کیفیت مطلوب، مورد توجه قرار گرفت. بسیاری از مؤسسات تحقیقاتی در سراسر دنیا روی این محصول با ارزش سرمایه‌گذاری و فعالیت مؤثری انجام دادند که به موفقیت‌های چمشگیری نیز دست یافته‌اند (Sprague & Duley, 1992). ذرت یکی از محصولات استراتژیک در ایران است و متوسط

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)، دکتری مهندسی آبیاری و زهکشی و استادیار پژوهش بخش آبیاری و زهکشی مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: art.tavakoli@gmail.com)

4- Water productivity

5- Dry matter

عملکرد آن درکشور ۸/۵۷ تن در هکتار است؛ این در حالی است که این عدد حدود ۸ تن در هکتار در منطقه مورد مطالعه گزارش شده است. بر اساس آمار سال ۱۳۸۸ از ۱۸۰ هزار هکتار اراضی زیر کشت این محصول استراتژیک، با عملکرد متوسط ۶/۲ تن در هکتار، مجموعاً حدود ۱/۱ میلیون تن ذرت در کشور تولید شده است (Anonymous, 2007). سطح زیرکشت ۵۸۰۰ هکتاری ذرت در اصفهان و کاربرد ذرت دانه‌ای در تولید روغن مایع خوراکی و دان مرغی، اهمیت این تحقیق را معلوم می‌سازد که در در شبکه آبیاری نکوآباد اجرا شد.

علی و تالکدر (Ali & Talukder, 2008) در مقاله خود راه‌های مقابله با چالش‌های آینده در خصوص تولید غذا و فیبر بیشتر با آب محدود را بررسی نموده‌اند. آن‌ها معتقدند روش‌های تک منظوره[1] قادر به حل و یا حتی کاهش مشکلات مبتلا به بخش کشاورزی در مناطق خشک با آب محدود نیستند. این مطالعه راه حل ترکیبی شامل اقدامات بیولوژیکی و مهندسی (نوسازی سیستم آبیاری، کم‌آبیاری و یکپارچه سازی اراضی کشاورزی) همراه با عملیات به‌زراعی، خاکورزی و اصلاح ژنتیکی را پیشنهاد می‌دهد. اثر آبیاری، حفظ رطوبت مؤثر خاک و کوددهی تکمیلی بر بازده مصرف آب واریته‌های جدید مقاوم به خشکی بسیار اهمیت پیدا کرده است. پتانسیل قابل توجه‌ای برای بهبود وضعیت بهره‌وری مصرف آب در بخش کشاورزی وجود دارد و با توجه به مفاهیم کارکردی بهره‌وری اقتصادی منجمله اقتصاد آب، در شرایط امروز جهان، قیود مالی و اقتصادی از عوامل محدودکننده بهره‌وری آب به شمار می‌آیند و نه مسائل تکنولوژیک (Deng et al., 2006).

به کارگیری استراتژی کم‌آبیاری بر حداکثرسازی بهره‌وری رجحان دارد، به عنوان مثال نروود (Norwood, 2000) به کارگیری کم‌آبیاری همراه با مدیریت کوددهی و انتخاب تراکم بوته مناسب در مناطق کم آب ذرت کاری کانزاس را به عنوان یک جایگزین مناسب در شرایط کاهش کمی و کیفی منابع آب‌های زیرزمینی پیشنهاد نمود.

در تحقیقات سه ساله‌ی کاکر (Cakir, 2004) در ترکیه تأثیر تنش آبی (۱۶ تیمار آبیاری) در مراحل چهار گانه رشد روی عملکرد دانه، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، و وزن هزار دانه ذرت بررسی شد. نتایج نشان داد که تأثیر حذف آبیاری در مراحل کاکل دهی و تشکیل چوب ذرت، روی عملکرد و پارامترهای رویشی معنی‌دار و باعث کاهش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ می‌شود و کمبود آب در دوره‌های کوتاه مدت در زمان رشد سبزینه‌ای ۲۸ تا ۳۲ درصد وزن مادهٔ خشک را کاهش می‌دهد. بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل (شاهد) به دست آمد. حتی حذف یک آبیاری در مراحل حساس رشد منجر به ۴۰ درصد کاهش عملکرد شد. اوکتم (Oktem, 2008) نشان داد که روابط بین عملکرد بلال تازه و سطوح آبیاری معنی‌دار بوده و عملکرد با افزایش سطح کم‌آبیاری[2] کاهش می‌یابد. با این حال، این مطالعه نشان داد که عملکرد بلال قابل عرضه در بازار در سطح استرس آبی ۱۰ درصد هنوز هم بالا و قابل قبول برای تولید ذرت شیرین در جنوب شرقی ترکیه است.

چن و همکاران (Chen et al., 2009) نشان دادند که افزایش میزان آبیاری منجر به اخذ محصول بیشتر است، اما مقدار آب مورد نیاز برای به دست آوردن حداکثر بهره‌وری آب[3] بسیار کمتر از میزان آب مورد نیاز برای حصول حداکثر عملکرد دانه می‌باشد. پایرو و همکاران (Payero et al., 2008) گزارش دادند که مقادیر مختلف آب فصلی در تیمارهای عمق آبیاری به میزان قابل توجهی تولید ماده خشک و اجزای عملکرد ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ضمناً آن‌ها دریافتند که بهره‌وری آب حساسیت بالایی به مقدار آب آبیاری داشته و با افزایش حجم آب مصرفی، این مشخصه مهم مدیریتی کاهش می‌یابد.

گرت و راس (Geerts & Raes, 2009) که پژوهش‌های بسیاری در مورد کم‌آبیاری از سراسر جهان را بررسی کردند، تأیید نمودند که نقش مدیریت کم‌آبیاری در افزایش بهره‌وری آب برای محصولات مختلف بدون ایجاد کاهش عملکرد شدید، موفقیت‌آمیز بوده است. آن‌ها پیشنهاد دادند در مناطقی از جهان که آب در دسترس برای تولید محصولات کشاورزی محدود می‌باشد، کشاورزان باید با هدف حداکثر سازی عملکرد محصول، نوع محصول و استراتژی‌های آبیاری را انتخاب کنند.

نتایج آزمایش انجم‌اقبال و همکاران (Anjum Iqbal et al., 2010) نشان داد که در پاکستان عمدتاً در طول فصل رشد خنک‌تر، می‌توان از شیوه‌های صرفه‌جویی آبیاری بدون کاهش عملکرد استفاده کرد. در این زمان گیاه به طور کارآمدی می‌تواند با افزایش بهره‌وری آب قابل وصول جبران جذب پایین آب کل را بنماید. در این تحقیق

1- Single approach

2- Deficit irrigation
3- Water productivity

بهره‌وری آب برای طیف وسیعی از کم‌آبیاری اعمال شده بر روی ذرت تابستانه افزایش یافت، در حالی‌که این مشخصه برای ذرت بهاره، درکلیه تیمارهای کم‌آبیاری کاهش نشان داد. با توجه به بهره‌وری بالاتر در کشت تابستانه ذرت، پتانسیل کاهش آبیاری (۱۲۹ میلی‌متر) بدون تلفات تولیدی در ذرت تابستانه در مقایسه با ذرت بهاره (۵۷ میلی‌متر) بسیار بالاتر بود.

تأثیر تغییرات آب و هوایی در پاکستان با اعمال سناریوهای مدیریت آبیاری بر روی گیاه ذرت تابستانه و پاییزه و با استفاده از مدل شبیه‌سازی سرز[1] مورد بررسی قرار گرفت (Anjum Iqbal et al., 2011). در این مطالعه سناریوی قطع آبیاری در مراحل ابتدایی رشد و پرشدن دانه به دلیل پایین بودن میزان آب زهکشی و نرخ آبشویی، بالاترین عملکرد دانه را نسبت به سناریوی آبیاری کامل ایجاد کرد. در این سناریو ۶۰ میلی‌متر آب نسبت به آبیاری سنتی ذخیره شد. نتایج شبیه سازی به روشنی روند کاهش عملکرد ذرت پاییزه را به دلیل کوتاه بودن دوره رشد نشان داد. همچنین آن‌ها گزارش کردند در شرایط آب و هوای فعلی و همچنین در سناریوهای آب و هوایی آتی، با بالاترین روند گرم شدن، میزان عملکرد ذرت را می‌توان با بهینه‌سازی مدیریت آبیاری (کاهش عمق آب کاربردی) نسبت به آبیاری مرسوم به علت کاهش نیترات قابل شستشو بهبود بخشید.

حسن‌لی و همکاران (Hassanli et al., 2009) در مرودشت فارس روش‌های آبیاری تحت فشار شامل قطره‌ای سطحی و زیرسطحی را به عنوان استراتژی‌های بهبود مدیریت آب و کم‌آبیاری پیشنهاد کردند. حداکثر صرفه‌جویی در مصرف آب و همچنین بالاترین عملکرد ذرت (۱۲/۲ تن در هکتار) در روش قطره‌ای زیر سطحی با ۹۴ درصد صرفه‌جویی آب در مقایسه با روش آبیاری شیاری به دست آمد. در این تحقیق حداکثر کارآیی مصرف آب با ۲/۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب در روش قطره‌ای زیرسطحی و حداقل آن در روش آبیاری شیاری با ۱/۴۳ کیلوگرم بر مترمکعب به دست آمد.

زوارت و همکاران (Zwart et al., 2005) تغییرات بهره‌وری آب را به سه عامل نسبت داده اند: آب و هوا، مدیریت آب و آبیاری و مدیریت خاک. آن‌ها کاهش عمق آب آبیاری به منظور ارتقاء بهره‌وری آب را برجسته‌ترین راه چاره برای مرتفع نمودن کمبود آب زراعی در مناطق خشک تشخیص دادند. این محققین بر اساس یک بررسی جامع از ۸۴ تحقیق انجام شده، گزارش دادند بهره‌وری آب محصول ذرت دارای طیف وسیعی است (۱/۱-۲/۷ کیلوگرم بر متر مکعب)، لذا به کارگیری شیوه‌های جدید مدیریت آب برای افزایش تولید محصول با استفاده از ۲۰-۴۰٪ منابع آب کمتر را توصیه نموده‌اند. آن‌ها نتیجه گرفتند که به منظور دستیابی به یک بهره‌وری آب بهینه در مناطق خشک، آبیاری محصولات ذرت و گندم با آب کمتر می‌تواند روشی منطقی به حساب آید.

در شرایط کمبود آب دستیابی به حداکثر محصول لزوماً ما را به حداکثر سود خالص نخواهد رساند. استفاده از تکنولوژی کم‌آبیاری و روش‌های اجرایی آن در سیستم‌های آبیاری مرسوم کشور می‌تواند به مدیریت مزرعه در افزایش بهره‌وری آب و تعیین الگوی بهینه کشت در شبکه‌های آبیاری کمک کند. اگرچه کاربرد این فناوری کاری سهل و آسان نیست، اما به عنوان یک راهبرد سودمند اقتصادی در وضعیت بحران آب و یا هدف حداکثر سازی استفاده از واحد آب مصرفی مطرح است.

اگر چه درک صحیحی از بهره‌وری آب برای توسعه استراتژی‌های بهبود مدیریت آب در سطح شبکه‌های آبیاری در منطقه مورد مطالعه وجود دارد، ولی در مورد کاربرد این روش‌ها در سطح مزرعه مطالعات محدودی انجام شده است. آسیب‌پذیری کشاورزان در مناطق پایین دست حوضه آبریز زاینده رود (شبکه آبیاری رودشتین) به رغم در اختیار داشتن مزارع بزرگ‌تر، نشانگر ضرورت بهبود برنامه‌های مدیریت آب در شبکه‌های آبیاری بالا دست (منطقه مورد مطالعه) به منظور ارتقاء سطح عدالت و حفظ حقوق آب‌بران و بهره‌برداران پایین‌دست است. علاوه بر این، با مدیریت مؤثر کم‌آبیاری در منطقه مورد مطالعه، اعتقاد بر این است که می‌توان به بهبود معیشت کشاورزان کمک نمود. مقادیر مختلف آبیاری تأثیرات متفاوتی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت داشته و با توجه به بحران آب درکشور به ویژه در مناطق خشک، کاهش میزان مصرف آب آبیاری در این محصول مهم، ضروری به نظر می‌رسد.

هدف این تحقیق تعیین اثر کمبود آب (به عنوان سطوح مختلف آبیاری) بر عملکرد ذرت و اجزای عملکرد و اتخاذ یک استراتژی مدیریت آب مناسب برای ذرت در سطح شبکه به منظور دستیابی به بهره‌وری آب بیشتر در شرایط محدودیت آب برای مناطق کم باران بوده است.

1 Crop model CERES Maize

مواد و روش‌ها

شبکه آبیاری نکوآباد که شامل دو رشته کانال آبرسان اصلی می‌باشد، منطقه‌ای به وسعت تقریبی ۶۰ هزار هکتار از ارضی دشت مرکزی اصفهان را در بر می‌گیرد. کانال‌های چپ و راست نکوآباد با ظرفیت ۵۰ و ۱۵ متر مکعب بر ثانیه به منظور آبیاری اراضی به وسعت ۴۵ و ۱۵ هزار هکتار در طرفین سد نکوآباد احداث گردیده است. محل اجرای طرح، ایستگاه تحقیقات شهید فزوه قهدریجان واقع در ۲۵ کیلومتری غرب اصفهان با مختصات جغرافیائی ′۳۴ °۳۲ عرض شمالی، و ′۲۸ °۵۱ طول شرقی و ارتفاع ۱۶۴۵ متر از سطح دریا است. این منطقه با متوسط بارش حدود ۱۲۵ میلی‌متر در سال از جمله مناطق خشک کشور محسوب می‌شود. در این ایستگاه، میزان ظرفیت انباشت رطوبتی خاک (FC-PWP) از ۱۵ تا ۱۸ درصد وزنی در عمق‌های مختلف خاک متغیر است. شوری آب آبیاری ۳/۴ دسی‌زیمنس بر متر و هدایت هیدرولیکی اشباع ۳۰۰ میلی‌متر بر روز اندازه‌گیری شده است. نتایج تجزیه خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

این تحقیق در چهار قطعه ۳۶۰ متر مربعی که هر قطعه به چهار قسمت مساوی تقسیم شده بود با استفاده از دو رقم ذرت ۶۴۷ (متوسطرس) و ۷۰۴ (دیررس) در ایستگاه تحقیقات شهید فزوه قهدریجان واقع در شبکه آبیاری نکوآباد اجرا شد. شکل ۱ عملیات آبیاری مزرعه ذرت را نشان می‌دهد.

آماده‌سازی زمین، مصرف کودهای شیمیایی، مبارزه با علف‌های-هرز و سایر عملیات زراعی لازم از قبیل سمپاشی آفات (تریپس و زنجرک) برای کلیه قطعات طبق توصیه‌های بخش‌های تحقیقات خاک و آب و ترویج به طور یکنواخت انجام گردید، تنها تفاوت اعمال شده در قطعات، میزان آب آبیاری بود که به شرح زیر اعمال گردید:

قطعه اول: گیاه بر طبق عرف آبیاری مزارع محلی آبیاری شد (شاهد).

قطعه دوم: گیاه به صورت کاملاً مطلوب بر اساس تحقیقات قبلی آبیاری شد (آبیاری کامل).

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک

Table 1- Results of soil analysis

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد) Field capacity (%)	رطوبت نقطه پژمردگی (درصد) Wilting point (%)	رطوبت اشباع (درصد) Saturation (%)	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) Bulk density ($gr.cm^{-3}$)	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	بافت خاک Soil texture
0-20	6.2	37	19	47	1.43	49	29	22	ClL رس سیلتی
20-60	4.2	35	18	48	1.43	50	28	22	ClL رس سیلتی
40-60	4.2	33	18	47	1.46	53	26	21	ClL رس سیلتی

شکل ۱- عملیات آبیاری ذرت دانه‌ای در مزرعه تحقیقاتی

Fig. 1- Irrigation activity at maize research field

قطعه سوم :۲۰٪ از آبیاری کامل گیاه کسر گردید.

قطعه چهارم :۴۰٪ از آبیاری کامل گیاه کسر گردید.

در کلیه تیمارها آب مصرفی به وسیله WSC فلوم اندازه‌گیری می‌شد. بهترین نوع آرایش زمین برای کاشت ذرت، روش جویچه‌ای (فاروئی) است. در این روش، بازده مصرف انواع کودهای شیمیایی که قبل از کاشت مصرف می‌شوند اعم از کودهای ازته، فسفره و پتاسه افزایش می‌یابد و عناصر غذایی، بهتر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. همچنین عمل آبیاری و سبز شدن بذر به دلیل زهکش سریع خاک و گرم شدن بستر بذر بهتر انجام می‌شود. در این روش آب اضافی زمین زودتر از اطراف بذر خارج شده و از سرد شدن خاک جلوگیری می‌شود، در نتیجه به خوبی شروع به جوانه‌زنی می‌نماید. این مسئله درخاک‌های سنگین و نیمه‌سنگین، مهم‌تر از سایر خاک‌ها است. از این رو در این طرح، ذرت به روش فاروئی کشت گردیده است. روش کشت همان روش معمول کشت و کار ذرت در منطقه می‌باشد و تاریخ کشت معمول منطقه نیز رعایت شده است. در طول دوره رشد و نمو (از زمان کاشت تا برداشت) یادداشت برداری‌های لازم از قبیل تاریخ سبز شدن، ظهور گل تاجی (گل نر) و کاکل (گل ماده)، زمان اتمام دانه گرده و ارتفاع بوته انجام شد. بعد از برداشت محصول، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه هر رقم و همچنین وزن هزاردانه، عمق دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری شد تا تأثیر مقادیر کم‌آبیاری‌های به کار رفته بر شاخص‌های فوق معلوم گردد. برنامه‌ریزی صحیح کم‌آبیاری با تغییر در مدیریت کشت‌های متداول از قبیل پرهیز از به کارگیری تراکم زیاد بوته، مصرف زیاد بذر در مزرعه و استفاده کمتر از کودهای شیمیایی و سموم همراه است. میزان کود مصرفی طبق نتایج آزمون خاک و دستورالعمل مؤسسه تحقیقات خاک و آب تعیین گردید. تراکم بوته در این طرح ۷۰–۶۵ هزار بوته در هکتار بوده است. مبارزه با علف‌های‌هرز به طریق شیمیایی انجام شده که با استفاده از سموم آترازین[1] (۱/۲ کیلوگرم ماده تجارتی در هکتار) و لاسو[2] (پنج لیتر در هکتار) صورت گرفت. به منظور مقابله با آبدوزدک از طعمه مسموم سبوس گندم با سم سوین[3] استفاده شد.

تعیین فواصل آبیاری‌ها یکی از مشخصه‌های مهم در آبیاری گیاه ذرت است. آبیاری‌ها با توجه به شدت تبخیر و تعرق انجام می‌شود. از آنجا که نرم‌افزار CROPWAT ابزار مناسبی برای برنامه‌ریزی کشت ذرت می‌باشد، این مدل به عنوان یک ابزار کاربردی به منظور محاسبات استاندارد برای تعیین تبخیر و تعرق گیاه مرجع، نیاز آبی گیاه و مدیریت برنامه آبیاری استفاده گردید. مدل CROPWAT که توسط بخش توسعه آب و خاک FAO نوشته شده است، یک مدل ساده بیلان آب است که امکان شبیه سازی تنش رطوبتی روی گیاه و محاسبه میزان کاهش محصول را بر پایه روش‌های مدون برآورد تبخیر و تعرق و عکس‌العمل گیاه به تنش آبی میسر می‌سازد (Smith & Kivumbi, 2004).

در محاسبه و تأمین مقدار آب آبیاری مراحل زیر دنبال شده است:

محاسبه تبخیر و تعرق پتانسیل (ETo) با روش بلینی کریدل

محاسبه ضرایب گیاهی (Kc) گیاه ذرت در مراحل مختلف رشد

محاسبه تبخیر و تعرق واقعی گیاه (ETc = Kc. ETo)

محاسبه بارش مؤثر (Pe) به روش SCS

محاسبه نیاز آبیاری (In = ETc-Pe)

تأمین آب آبیاری کرت‌های آزمایشی به وسیله انهار خاکی با پوشش پلاستیکی و سیفون

اولین آبیاری در تاریخ ۳۰–۲۵ اردیبهشت صورت گرفت. کلیه تیمارها و تکرارها به طور کامل و به میزان آب مورد نیاز برای رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت زراعی آبیاری شد. پس از آبیاری اول، با توجه به نتایج تحقیق قبلی که دور آبیاری در اوایل دوره‌ی رشد را ۱۲–۱۰ روز و در زمان گرده افشانی و تلقیح دانه ۷–۶ روز توصیه کرده است و با توجه به نیاز آبی گیاه در فاصله دو آبیاری، آبیاری‌های بعدی صورت گرفت. تعداد نوبت آبیاری و طول فصل رشد ذرت در جدول ۲ و همچنین تبخیر و تعرق محصول و مقدار خالص آب آبیاری برای دهه‌های مختلف در طول فصل رشد در جدول ۳ ارائه شده است.

برای محاسبه بهره‌وری آب عملکرد در واحد سطح بر مجموع آب آبیاری (راندمان آبیاری ۸۰ درصد) در واحد سطح تقسیم شد. این شاخص می‌تواند برای تعیین بهترین تیمار کم‌آبیاری معیار مناسبی باشد. به علت آن که میزان بارندگی در طول دوره رشد بسیار ناچیز بوده، میزان آن در محاسبه بهره‌وری آب وارد نشد. مقادیر بهره‌وری آب برای تیمارهای چهارگانه در جدول ۴ ارائه شده است.

1- Atrazine
2- Lasoo (Alacolore)
3- Sevin (Carbaryl)

جدول ۲- تعداد آبیاری، تاریخ کاشت و برداشت و طول فصل رشد گیاه ذرت

Table 2- Number of irrigation, planting and harvest date and during the maize growing season*

سال سوم Third year	سال دوم Second year	سال اول First year	مشخصه Characteristic
15 May	20 May	18 May	تاریخ کاشت Date of planting
22 October	29 October	25 October	تاریخ برداشت Date of harvest
11	11	11	تعداد آبیاری Number of irrigation
135	133	134	طول فصل رشد (۷۰۴) During the growing season (704)
129	128	128	طول فصل رشد (۶۴۷) During the growing season (647)

* طول فصل رشد از زمان سبز کردن گیاه تا رسیدن ظاهری (فیزیولوژیکی) محاسبه شده است.

* During of growing season is from emergence time until Physiological maturity.

جدول ۳- میزان نیاز خالص آب آبیاری طی فصل رشد مستخرج از مدل CROPWAT

Table 3- Net irrigation requirement during crop growing season by CROPWAT model

تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر در دهه) ET_c (mm.decade^{-1})	تبخیر و تعرق گیاه (میلی‌متر در روز) ET_c (mm.day^{-1})	دهه Decade[1]	ماه Month
21.6	2.16	3rd	May **خرداد**
24.9	2.49	1st	June **خرداد**
28.1	2.81	2nd	June **تیر**
35.5	3.55	3rd	June **تیر**
49.1	4.91	1st	July **تیر**
61.6	6.16	2nd	July مرداد
69.0	6.90	3rd	July مرداد
77.1	7.71	1st	August مرداد
74.5	7.45	2nd	August شهریور
71.4	7.14	3rd	August شهریور
68.0	6.80	1st	September شهریور
61.1	6.11	2nd	September مهر
49.6	4.96	3rd	September مهر
35.2	3.52	1st	October مهر
21.4	2.14	2nd	October آبان
747.6	74.76	کل Total	

جدول ٤- مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف آبیاری

[1] Ten days

Table 4- Amounts of water productivity at different deficit irrigation treatments

بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) Water productivity ($kg.m^{-3}$)	حجم آب کاربردی (متر مکعب در هکتار) Water use ($m^3.ha^{-1}$)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	قطعه Part
0.85	10836	9271	قطعه ۱ Part 1
1.02	9280	9450	قطعه ۲ Part 2
1.25	7420	9250	قطعه ۳ Part 3
1.41	5940	8377	قطعه ۴ Part 4

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات و عملکرد ذرت تحت شرایط کم‌آبیاری

Table 5- Analysis variances (means of squares) of some traits and yield of maize under deficit irrigation conditions

عمق دانه depth of kernels	تعداد دانه در هر ستون Number of kernel per column	تعداد دانه در هر ردیف Number of kernel per ear row	وزن هزار دانه 1000- kernel weight	عملکرد Grain yield	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
31.8 **	1287.3 **	15.7 **	14131.9 **	54.6 **	2	سال Year
0.4	22.4	5.1	462.2	0.9	6	خطا Error
5 **	24.1 *	5.3 ns	298.3 ns	0.9 **	3	کم‌آبیاری Deficit Irrigation
2.5 **	16.1 ns	9.3 ns	244 ns	0.4 ns	6	کم‌آبیاری × سال Year × Deficit Irrigation
1.4	18.1	6.1	547.8	0.48	18	خطا Error
22.7 ns	71.7 ns	256.7 ns	33230 ns	0.3 ns	1	رقم Variety
0.5 ns	2.3 ns	8.8 ns	496 ns	0.2 ns	3	کم‌آبیاری × رقم Deficit Irrigation × Variety
0.7 ns	5.1 ns	0.5 ns	146 ns	0.5 ns	2	رقم × سال Year × Variety
0.6 ns	6 ns	7.1 ns	214.7 ns	0.2 ns	6	کم‌آبیاری× رقم × سال Year × Deficit Irrigation × Variety
0.5	6.7	5.4	248.3	0.36	24	خطا Error
5.9	6.3	13.5	5.2	9.8		ضریب تغییرات (٪) CV (%)

ns، * و **: به ترتیب نمایانگر غیرمعنی‌دار و تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

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

جدول ٦- اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و برخی صفات ذرت

Table 6- Effect of deficit irrigation on yield and some traits of maize

تیمار Treatment / صفات Trait	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Grain Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- kernel weight (g)	تعداد دانه در هر ردیف Number of kernel per ear row	تعداد دانه در هر ستون Number of kernel per column	عمق دانه (میلی‌متر) depth of kernels (mm)
آبیاری شاهد Check	9271 a*	301.3 a	16.7 a	42.8 a	12.4 a
۱۰۰ درصد آبیاری کامل 100% Full Irrigation	9450 a	308.8 a	17.1 a	43.1 a	12.2 a
۸۰ درصد آبیاری کامل 80% Full Irrigation	9250 a	301.4 a	18 a	41.6 a	12.6 a
۶۰ درصد آبیاری کامل 60% Full Irrigation	8377 b	299.8 a	17.2 a	40.6 b	11.4 b

* در هر ستون میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک از نظر آزمون دانکن در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار دارند.

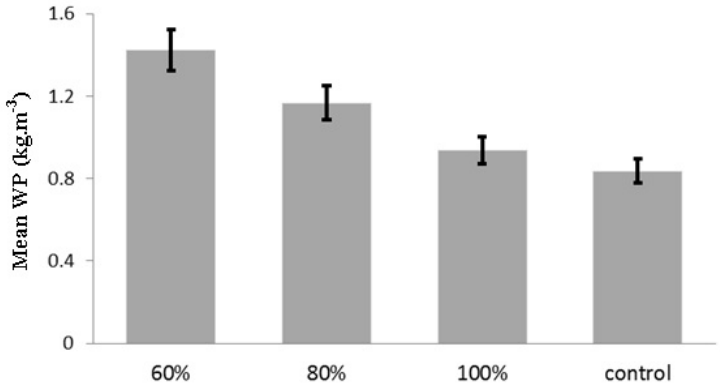
* Columns with the same letter(s) are not significant – different at $p \leq 0.05$ probability level.

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف کم‌آبیاری بر صفات عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای این تحقیق به صورت کرت‌های دو بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. میزان آب آبیاری به عنوان کرت اصلی در چهار سطح و دو رقم ذرت دانه‌ای (۶۴۷ و۷۰۴) به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شدند. سطوح مختلف آبیاری در چهار سطح شامل شاهد (مرسوم)، ۱۰۰٪، ۸۰٪ و ۶۰٪ تبخیر و تعرق محصول در نظر گرفته شد و مقادیر بهره‌وری آب (نسبت عملکرد دانه به حجم آب مصرفی) در تیمارهای مختلف برای ارقام مورد مطالعه به دست آمد. تیمارها بر اساس عملکرد دانه (GY) و اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه (1000 KW)، عمق دانه (KD)، تعداد دانه در ردیف (KNER) و تعداد دانه در هر ستون (KNC) مورد مقایسه قرار گرفتند. در پایان، نتایج سالانه آزمایش به صورت جداگانه مورد تجزیه واریانس ساده قرار گرفت و سپس نتایج سه ساله، تجزیه واریانس مرکب گردید.

نتایج و بحث

برای تعیین اثر سال، داده‌ها و اطلاعات مربوط به خصوصیات مختلف در طول مدت اجرای طرح، تجزیه‌ی واریانس مرکب گردید و میانگین تیمارهای مختلف آبیاری در شاخص‌های فوق به روش دانکن در سطح پنج درصد مقایسه شدند. تجزیه واریانس مرکب سه ساله داده‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. همچنین جدول ۶ مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در میزان‌های مختلف آبیاری مورد آزمایش را نشان می‌دهد.

با توجه به اهمیت بررسی توأمان عملکرد محصول و حجم آب مصرفی، مقادیر بهره‌وری آب برای تیمارهای مختلف آبیاری محاسبه و در شکل ۲ ارائه گردیده است. نتایج نشان می‌دهد که اثر تیمارهای آبیاری براساس عرف محل (شاهد)، آبیاری کامل، ۸۰ درصد آبیاری کامل، و ۶۰ درصد آبیاری کامل بر عملکرد دانه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است، ولی این اثر روی شاخص‌های وزن هزاردانه و تعداد دانه در ردیف معنی‌دار نیست. نتیجهٔ بررسی اثر رقم بر شاخص‌های مختلف این است که این اثر بر هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار نیست. در تیمار سطح آبیاری ۶۰٪ پایین‌ترین میزان عملکرد دانه (۸۳۷۷ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که علی‌رغم کاهش ۳۶ درصدی آب کاربردی (جدول ۴) نسبت به تیمار آبیاری کامل فقط ۱۱/۴ درصد عملکرد کاهش یافت (جدول ۶). صفات عمق دانه و تعداد دانه در هر ستون در تیمار سطح آبیاری ۶۰٪ به ترتیب ۸ و ۵/۱ درصد نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است. در این آزمایش اثر متقابل بین آبیاری و سال، آبیاری × رقم، رقم × سال و آبیاری× رقم× سال در مورد هیچ یک از صفات اندازه‌گیری شده، معنی‌دار نگردید.



شکل۲- بهره‌وری آب برای تیمارهای مختلف آبیاری در محصول ذرت

Fig. 2- Water productivity of maize under different deficit irrigation treatments

میله‌ها نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

Bars represented standard error.

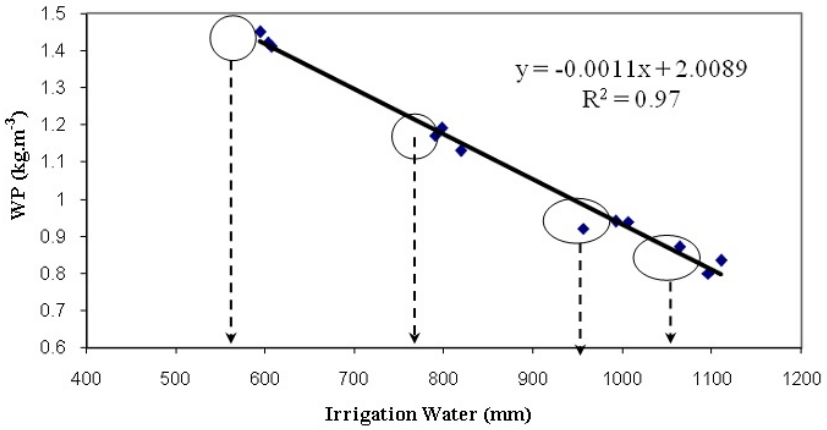
بررسی صفات کمی، تجزیه‌ی واریانس، مقایسه‌ی میانگین تیمارهای آبیاری، و مقادیر بهره‌وری آب در تیمارهای مختلف نشان داد که تفاوت مقادیر عملکرد دانه، عمق دانه و تعداد دانه در هر ستون در مقادیر مختلف آبیاری تا سطح ۶۰ درصد معنی‌دار نیست، بنابراین، تیمار ۸۰٪ می‌تواند بدون هیچ گونه کاهش عملکردی در سال‌های نرمال مورد استفاده قرار گیرد، در حالی‌که تیمار ۶۰ درصد آبیاری کامل با ۳۶ درصد صرفه جویی آب در مناطق بحران زده مرکزی ایران در سال‌های خشک بر سایر تیمارها برتری دارد.

کاهش تعداد دانه در هر ستون و عمق دانه از عوامل اصلی کاهش عملکرد دانه در اثر کم‌آبیاری هستند، اثر عامل آبیاری بر این دو صفت معنی‌دار گردید. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که کاهش۲۰ و ۳۶ درصد آب مصرفی باعث کاهش معنی‌دار وزن هزار دانه نگردید، ولی با ۳۶ درصد کاهش آب، صفات عملکرد دانه، دانه در هر ستون و عمق دانه به طور معنی‌دار کاهش یافت.

همان طور که نتایج نشان می‌دهد مقادیر بهره‌وری آب به طور متوسط (میانگین سه ساله) بین ۰/۸۵ و۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب نوسان دارد. این مشخصه برای تیمارهای کنترل، ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد آب مصرفی به ترتیب ۰/۸۵، ۱/۰۱۸، ۱/۲۵ و ۱/۴۱ به دست آمد (جدول ۶). شکل ۲ نشانگر این واقعیت می‌باشد که قطعه ۴ دارای بیشترین بهره‌وری می‌باشد، یعنی با صرفه جویی ۳۹۴۰ متر مکعب آب فقط ۱۰۷۳ کیلوگرم در هکتار کاهش عملکرد ایجاد شده و با مصرف ۵۹۴۰ متر مکعب آب، عملکرد ۸۳۷۷ کیلوگرم در هکتار حاصل شده که کارایی ۱/۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب حاصل می‌گردد. بالاترین بهره‌وری آب به میزان ۱/۴۱ کیلوگرم بر متر مکعب، برای تیمار ۶۰ درصد محاسبه شده است. اثرات تیمارهای شاهد و آبیاری کامل بر روی بهره‌وری آب به مراتب بالاتر از تأثیر سطوح کم‌آبیاری شدید همچون تیمار ۶۰٪ بود. به طور متوسط، افزایش بهره‌وری آب در تیمار ۶۰ درصد نسبت به تیمار شاهد ۶۶٪، در تیمار ۸۰٪، ۳۷/۲٪ و برای تیمار آبیاری کامل ۱۲/۸٪ بود.

در شکل ۳، تغییرات بهره‌وری آب در برابر مقدار آب آبیاری رسم شده است. این شکل نشان می‌دهد که بهره‌وری آب چگونه می‌تواند ارتقاء یابد در حالی‌که به طور همزمان برای صرفه جویی در آب مصرفی، آب آبیاری کاهش یابد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد بهره‌وری آب به شدت تحت تأثیر کمبود آب قرار دارد. ضریب تبیین در معادله رگرسیون (R^2) ۹۷/. به دست آمد، که همبستگی بالای بین این دو پارامتر برای سه سال آزمایش را نشان می‌دهد.

در این راستا لی و همکاران (Li et al., 2005) نشان دادند که بهره‌وری آب دارای همبستگی منفی با حجم آب آبیاری می‌باشد. در همین حال، تجزیه و تحلیل معادله رگرسیون نشان می‌دهد که رابطه بین حجم آب آبیاری و بهره‌وری آب می‌تواند توسط توابع خطی تشریح گردد.



شکل ۳- رابطه آب آبیاری و بهره‌وری آب در محصول ذرت

Fig. 3- Relationships between irrigation water and water productivity of maize

ساکر (Cakir, 2004)، چن و همکاران (Chen et al., 2009) و پایرو و همکاران (Payero et al., 2008) نشان دادند که عملکرد محصول ذرت با کاهش مقدار آب آبیاری کاهش می‌یابد، به طوری‌که مقادیر حداکثر عملکرد گیاه در تیمار آبیاری کامل به دست می‌آید. در آب و هوای گرم و خشک محل مورد مطالعه، کمبود آب تأثیر به سزایی در کاهش کاکل دهی و به تبع آن کاهش عملکرد ذرت داشت. غالب مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد ذرت عمدتاً تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرد با این‌حال، پایرو و همکاران (Payero et al., 2008) معتقدند که کاهش عملکرد محصول ذرت بسته به الگوی درجه حرارت و بارندگی هر منطقه، ویژگی‌های خاک و گیاه، شیوه‌های مدیریت مزرعه، و همچنین شرایط آب و هوایی متفاوت است. با این‌حال، کیجنه و همکاران (Kijne et al., 2003) بر این باورند که در تکنیک کم‌آبیاری ذرت، افت عملکرد محصول بسیار کمتر از میزان آب صرفه‌جویی شده است و نتایج این تحقیق نیز مؤید این موضوع است. لذا اعمال تیمارهای کم‌آبیاری، بیشتر با هدف رسیدن به تولید و عملکرد محصول بیشتر به ازای هر واحد آب است.

استون (Stone, 2001) نشان داد که کارآیی مصرف آب در ذرت با کاهش مصرف آب، افزایش می‌یابد. زوارت و همکاران (Zwart et al., 2005) براین باورند که استراتژی کم‌آبیاری تنها در شرایطی موجب افزایش بهره‌وری آب محصولات زراعی می‌شود که مزارع مورد نظر با بیش‌آبیاری[1] رو به رو باشند. نتایج نشان داد در مورد محصولاتی که در حال حاضر با کم‌آبیاری مدیریت می‌شوند کاهش آب آبیاری تنها به کاهش بیشتر عملکرد و حصول بهره‌وری آب کمتر می‌انجامد. تحقیقات انجام شده در مناطق ذرت خیز جهان نشان داد مزارعی که بعد از آبیاری اول در شرایط کم آبی قرار داشته‌اند از افزایش محصولی حدود ۱۲۵۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به مزارع محلی با آبیاری معمولی برخوردار بوده‌اند (Sprague & Duley, 1992). اویس و همکاران (Oweis et al., 2004) با نگاهی عمیق‌تر به این موضوع بر این باورند که امروزه نیاز به یک ترکیب بهینه از تولید در واحد هکتار و تولید به ازای حجم آب مصرفی برای حصول "غذای بیشتر با آب کمتر" احساس می‌شود. به عبارت دیگر، کم‌آبیاری به اخذ عملکردی با ثبات و نه عملکرد حداکثر بلکه بهره‌وری آب حداکثر کمک می‌نماید (Zhang et al., 2005). نواحی مرکزی کشور و به ویژه استان اصفهان با بارش سالیانه ۱۵۰-۱۱۰ میلی‌متر و آب مصرفی ۵۰۰-۱۴۰۰ میلی‌متر، در سال‌های اخیر با خشکی‌های شدید مواجه شده، به طوری‌که افت سطح ایستابی در سمت راست شبکه آبیاری نکوآباد تنها در شش ماه سال ۸۷-۱۳۸۶ به ۱۰ متر رسید (Miranzadeh & Mamanpoush, 2008).

اکبری و همکاران (Akbari et al., 2007) درارزیابی سیستم‌های سمت راست و سمت چپ شبکه آبیاری نکوآباد، بهره‌وری آب مربوط به این شبکه را بالا و حدود ۰/۷۲ برآورد کردند. مقایسه این عدد با دامنه تغییرات بهره‌وری آب مندرج در جدول ۴ (۱/۲۵-۱/۴۱) نشانگر این واقعیت تلخ است که این قطب کشاورزی استان از

1- Over irrigation

ضعف برنامه‌ریزی و روش‌های غیر کارآمد آبیاری که منجر به کاهش بهره‌وری آب می‌شود، به شدت آسیب‌پذیر گشته است. در تحقیق حاضر صرفه جویی حدود ۴۰۰۰ مترمکعب آب آبیاری فقط با افت عملکرد کمتر از یک تن در هکتار به دست آمده است.

نتایج حاصله نشان می‌دهد که در صورت اعمال کم آبیاری بر محصولات زراعی بهره‌وری آب به شدت افزایش می‌یابد. یافته‌های مطالعه حاضر با نتایج تحقیقات قبلی تأیید می‌گردد. از این رو کمبود آبیاری در سطح ۳۶-۲۰ درصد می‌تواند برای گیاه ذرت (رقم ۷۰۴ و ۶۴۷) در منطقه مرکزی ایران و دیگر مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان با مشابهت‌های اکولوژیکی قابل قبول باشد.

نتیجه‌گیری

کم‌آبیاری در شبکه آبیاری نکوآباد واقع در بالا دست حوضه آبریز زاینده رود یک روش مؤثر برای کاهش اثرات خشکسالی بر عملکرد غلات است. با کاربرد این روش به ازای مقدار قابل توجه آب صرفه جویی شده، افت اندک عملکرد محصول اتفاق می‌افتد. اعمال چهار تیمار آبیاری بر روی محصول ذرت در طول سه سال آزمایش نشان داد عملکرد دانه و اجزای آن عمدتاً تحت تأثیر میزان آب آبیاری به کار رفته، قرار دارد. هر چند کم آبی بعد از جوانه زدن، میزان کلروفیل و نشاسته را در گیاهچه کاهش می‌دهد اما نفوذ بیشتر ریشه‌ها در شرایط آب و هوایی خشک به اعماق خاک باعث می‌گردد گیاه بهتر بتواند شرایط تنش رطوبتی را تحمل کند. به استناد این پژوهش از نظر صفت عملکرد دانه بین میزان‌های آبیاری مرسوم محلی (شاهد)، آبیاری کامل و ۸۰ درصد آبیاری کامل، تفاوت چشمگیری دیده نمی‌شود، ولی کاهش ۳۶ درصدی آب کاربردی نسبت به آبیاری کامل موجب افت ۱۱/۴ درصد عملکرد محصول می‌گردد. اما در شرایط معمولی و فقدان محدودیت جدی آب، با توجه به ویژگی‌های کمی محصول ذرت، کسر آبیاری ۲۰٪ (۸۰ درصد از تبخیر و تعرق محصول) مناسبترین گزینه آبیاری است و افت عملکرد نسبت به آبیاری کامل فقط ۲ درصد است. روش آبیاری مرسوم با داشتن عملکرد کمتر و مصرف آب بیشتر، دارای ۱۷ درصد بهره‌وری آب کمتر نیز می‌باشد و ضرورت دارد شیوه سنتی آبیاری اصلاح شود. ضمناً توجه به مراحل حساس رشد نیز اهمیت دارد به طوری که دوره ۲۰ روزه گلدهی یک مرحله حساس به کم آبی در گیاه ذرت به شمار می‌آید.

منابع

Akbari, M., Toomanian, N., Droogers, P., Bastiaanssen, W., and Gieske, A. 2007. Monitoring irrigation performance in Esfahan, Iran, using NOAA satellite imagery. Agricultural Water Management 88: 99-109.

Ali, M.H., and Talukder, M.S.U. 2008. Increasing water productivity in crop production-A synthesis. Agricultural water management 95: 1201-1213.

Anonymous. 2007. Corn, wheat and soybean projections. Retrieved from http://www.nue.okstate.edu/Crop_Information/World_Wheat_Production.htm.

Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stage on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research 89(1): 1-16.

Chen, C., Wang, E., and Yu, Q. 2009. Modeling the effects of climate variability and water management on crop water productivity and water balance in the North China Plain. Agricultural Water Management 97(8): 1175-1184.

Deng, X.P., Shan, L., Zhang, S.Q., and Kang, S.Z. 2006. Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China. Agricultural Water Management 80: 23-40.

Geerts, S., and Raes, D. 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural Water Management 96: 1275-1284.

Hassanli, A.M., Ebrahimizadeh, M.A., and Beecham, S. 2009. The effects of irrigation methods with effluent and irrigation scheduling on water use efficiency and corn yields in an arid region. Agricultural water management 96: 93-9.

Iqbal, M.A., Bodner, G.L., Heng, K., Eitzinger, J., and Hassan, A. 2010. Assessing yield optimization and water reduction potential for summer-sown and spring-sown maize in Pakistan. Agricultural Water Management 97: 731-737.

Iqbal, M., Eitzinger, J., Formayer, H., Hassan, A., and Heng, L.K. 2011. Assimilation study for assessing yield optimization and potential for water reduction for summer-sown maize under different climate change scenarios. Journal of Agricultural Science 149: 129-143.

Kijne, J.W., Tuong, T.P., Bennett, J., Bouman, B., and Oweis, T. 2003. Ensuring food security via improvement in crop water productivity. In Challenge Program on Water and Food: Background Papers to the full proposal. The Challenge Program on Water and Food Consortium, Sri Lanka.

Li, J., Inanaga, S., Li, Z., and Eneji, A.E. 2005. Optimizing irrigation scheduling for winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management 76: 8-23.

Miranzadeh, M., and Mamanpoush, A.R. 2008. Estimation of monthly abstracted ground water rate in Zayandehrud irrigation main network. Iranian Water Research Journal 2(2): 19-26. (In Persian with English Summary)

Norwood, C.A. 2000. Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. Soil Science Society American Journal 64: 365–370.

Oktem, A. 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip-irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. Agricultural Water Management 95(9): 1003-1010.

Oweis, T., Hachum, A., and Pala, M. 2004. Lentil production under supplemental irrigation in a Mediterranean environment. Agricultural Water Management 68: 251-265.

Payero, O., Melvin, R., Irmak, S., and Tarkalson, D. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management 84: 101-112.

Payero, O., Tarkalson, D., Irmak, S., Davison, D., and Petersen, L. 2008. Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. Agricultural Water Management 95: 895-908.

Smith, M., and Kivumbi. D. 2004. Use of the FAO CROPWAT Model in Deficit Irrigation Studies. Joint FAO/IAEA Division. FAO Deficit Irrigation Practices. Water Reports 22: 17-27.

Sprague, G.F., and Duley, J.W. 1992. Corn and corn Improvement. American Society Agronomy, USA.

Stone, P.J., Wilson, D.R., Reid, J.B., and Gillespie, R.N. 2001. Water deficit effects on sweet corn. I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. Australian Journal of Agricultural Research 52(1): 103-113.

Zhang, X.Y., Chen, S.Y., Liu, M.Y., Pei, D., and Sun, H.Y. 2005. Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the North China Plain. Agronomy Journal 783-790.

Zwart, S.J., and Bastiaanssen, W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. Agricultural Water Management 69: 115-133.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۷۹-۸۷۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 870-879

اثر تلقیح با کودهای بیولوژیک بر خصوصیات رشدی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)

عزیزه فرجی مهمانی[۱]، بهروز اسماعیل‌پور[۲*]، فاطمه سفیدکن[۳]، بهلول عباس‌زاده[۴]، کاظم خاوازی[۵] و علیرضا قنبری[۶]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۹

چکیده

به منظور بررسی اثرتلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه *Satureja hortensis* L.)، آزمایشی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای باکتری این آزمایش شامل سوسپانسیون باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس*، *تلفیق ازتوباکتر و آزوسپریلیوم*، *تلفیق ازتوباکتر و سودوموناس*، *تلفیق آزوسپریلیوم و سودوموناس* و تلفیق هر سه باکتری و تیمار شاهد (عدم تلقیح باکتری) بود که به صورت تلقیح ریشه روی گیاهان مرزه اعمال شدند. صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته، قطر کانوپی، وزن خشک و عملکرد اندام هوایی، وزن خشک و عملکرد سر شاخه گلدار، وزن خشک، عملکرد و سطح برگ و تعداد، وزن خشک و عملکردگل‌آذین، درصد وزنی، بازده و عملکرد اسانس گیاه مرزه و نیز اجزای اسانس گیاه از جمله تیمول و گاما ترپینن و ... بود. نتایج نشان داد که اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری شامل شاخص‌های رشد رویشی گیاه در سطح پنج درصد ($p\leq$۰/۰۵) و بر عملکرد و کیفیت اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). بیشترین مقدار برای صفات ارتفاع بوته (۴۵/۶۷ سانتی-متر) و قطر کانوپی (۴۰/۵۳ سانتی‌متر)، وزن خشک اندام هوایی (۳۳/۸۲ گرم در گیاه)، عملکرد اندام هوایی (۳۷۵۸ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد برگ (۴۵۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد گل‌آذین (۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار)، درصد وزنی اسانس (۲/۲۳ درصد)، بازده اسانس (۲/۴۳) و عملکرد اسانس (۷۶/۸) مربوط به تیمار ترکیبی هر سه باکتری و کمترین میزان برای این صفات در تیمار شاهد حاصل شد. بیشترین میزان گاما ترپینین (۵۳ میلی‌گرم بر لیتر)، تیمول (۴۸/۵ میلی‌گرم بر لیتر) به ترتیب مربوط به تلقیح با باکتری *ازتوباکتر*-*سودوموناس* و باکتری *ازتوباکتر* می‌باشد. به طور کلی، به منظور دستیابی به بیشترین عملکرد اندام هوایی و عملکرد اسانس می‌توان از تیمار ترکیبی هر سه باکتری استفاده نمود. تلقیح گیاهان مرزه با باکتری‌های محرک رشد از طریق افزایش رشد و توسعه ریشه و در نتیجه جذب بهتر آب و مواد غذایی از خاک می‌تواند سبب افزایش عملکرد و بهبود صفات کمی گیاه گردد.

واژه‌های کلیدی: *آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر*، باکتری‌های محرک رشد، *سودوموناس*

مقدمه

عوارض جانبی داروهای شیمیائی و تمایل بشر به استفاده هرچه بیشتر از محصولات طبیعی به منظور حفظ سلامت خویش و همچنین مشکلات سیستم دارویی مدرن، باعث توجه هرچه بیشتر بشر به گیاهان دارویی گردیده است (Rahimzadeh et al, 2012).

مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی یک‌ساله یا چندساله علفی و معطر از خانواده Lamiaceae بوده که دارای ساقه‌های متعدد افراشته یا خیزان و یا ساقه‌های کمانی با ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، به رنگ تیره‌تر از برگ‌ها می‌باشد. ارتفاع این گیاهان حداکثر تا ۶۰ سانتی‌متر می‌رسد، ساقه‌ها و شاخه‌ها معمولاً پوشیده از کرک می‌باشند. برگ‌ها متقابل، دارای دمبرگ‌های کوتاه یا تقریباً بدون دمبرگ می‌باشند، در سطح برگ لکه‌های کوچک فراوانی وجود دارد که غده نامیده می‌شود که حاوی اسانس است. گل‌آذین‌ها گرزن بوده

۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶- به ترتیب دانشجوی کارشناس ارشد سابق باغبانی، دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، استاد مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها، استادیار مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها، استادیار مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها، دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور و استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
(*- نویسنده مسئول: (Email: behsmaiel@yahoo.com

و به صورت چرخه‌های جدا از هم با ۲ تا ۱۷ گل در محور برگ‌های بالایی ظاهر می‌شوند، گل‌ها نر و ماده بوده و به رنگ‌های سفید تا ارغوانی دیده می‌شوند (Yazdanpanah et al., 2011).

با توجه به اثر مخرب زیست محیطی کشاورزی متداول که ناشی از مصرف بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی می‌شود، روز به روز بر اهمیت توجه به کشاورزی جایگزین افزوده می‌شود. یکی از ارکان اصلی کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف کاربرد کودهای شیمیایی است. کودهای آلی سبب تأمین سلامت انسان و محیط زندگی می‌گردند و اهمیت کاربرد آن‌ها در مورد گیاهان دارویی که به طور مستقیم با سلامت انسان در ارتباط هستند، محرز می‌باشد (Sharma, 2002). استفاده از کودهای بیولوژیک یکی از راهکارهای مؤثر در حفظ کیفیت مطلوب خاک محسوب می‌گردد که باعث افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر شده و توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می‌دهد (Kokalis-Buerelle et al., 2006).

از جمله کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)[1] اشاره کرد. این گروه از باکتری‌ها در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیزم‌های مختلفی باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه می‌شوند. یکی از مکانیزم‌های مستقیم تأثیرگذار تولید فیتوهورمون‌هایی از قبیل اکسین، سیتوکنین و جیبرلین و جلوگیری از تولید هورمون اتیلن می‌باشد (Vessey, 2003). سایر مکانیزم‌هایی که به وسیله آن‌ها باکتری‌ها محرک رشد گیاه موجب بهبود رشد در شرایط تنش می‌شوند عبارتند از بهبود جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاه، توسعه سیستم ریشه و جلوگیری از ریزش اندام هوایی، افزایش گره‌زایی و تثبیت زیستی نیتروژن مولکولی است (Renaut et al., 2004). گروهی از این گونه‌های باکتریایی که دارای قابلیت همیاری با گیاه هستند متعلق به جنس‌های *ازتوباکتر* (*Azotobacter* spp.)، *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum* spp.) و *سودوموناس* (*Pseudomonas* spp.) می‌باشند (Tilak et al., 2006). در پژوهشی خلیل (Khalil, 2006) نشان داد که استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله *ازتوباکتر*، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد کمی و مواد مؤثره در گیاه دارویی اسفرزه شد. *آزوسپریلیوم* (*Azospirillum* spp.) برای ثبیت نیتروژن خاک به کار می‌رود (Bashan et al., 2004).

استفاده از کود بیولوژیک نیتروکسین و باکتری‌های حل کننده فسفات روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) باعث افزایش عملکرد رویشی و بذر و عملکرد اسانس شد، ولی تأثیر آن بر درصد اسانس معنی‌دار نبود (Fallahi, 2009). عملکرد اسانس مرزنجوش (*Origanum majorana* L.) نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر باکتری *سودوموناس* افزایش یافت (Banchio et al., 2008).

در بررسی دیگری که توسط لیتی و همکاران (Leithy et al., 2008) روی گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.)انجام شد تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* باعث افزایش درصد اسانس گردید. استفاده از کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* در گیاه دارویی مریم گلی(*Salvia officinalis* L.) باعث افزایش ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی گیاه شد (Vande Broek, 1999). در گیاه دارویی پروانش (*Caharanthus roseus* L.) تلقیح گیاهچه‌ها با باکتری *سودوموناس* (*Pseudomonas flurescence*) باعث افزایش میزان زیست توده تولیدی و میزان آلکالوئید گیاه در شرایط تنش آبی گردید. عبدل- جلیل و همکاران (Abdul-Jaleel et al., 2007). همچنین نتایج بررسی راتی و همکاران (Ratti et al., 2001) نشان داد که کاربرد باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *تیوباسیلوس* باعث افزایش میزان زیست توده تولیدی در گونه‌ای گیاه دارویی علف لیمو(*Cymbopogon martini* Roxb.) گردید. بنابراین، با توجه به اهمیت گیاه دارویی مرزه و همچنین در نظر گرفتن اهمیت مدیریت اکولوژیک این گونه‌های گیاهی، این آزمایش به منظور بررسی تأثیر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات رشد، عملکرد و کیفیت اسانس مرزه در شرایط آب و هوایی کرج انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج و در تابستان سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. بذر مرزه یک‌ساله از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد.

کرت‌ها در ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ متر و با فاصله یک متر از هم تهیه شده و بذرها در اواخر اردیبهشت در خزانه هوای آزاد کاشته شدند و

1- Plant growth promoting rhizobacteria

بعد از چهار هفته در مرحله شروع ساقه‌دهی، به منظور اعمال تیمار باکتری نشاء شده و به زمین اصلی منتقل شدند، نشاها به روش جوی و پشته در داخل کرت کشت شدند. فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر بود. در این آزمایش از باکتری‌های جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و *سودوموناس* به صورت تلقیح با ریشه در مرحله شروع ساقه‌دهی استفاده شد که در هشت سطح (بدون تلقیح، تلقیح با *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس*، *تلفیق ازتوباکتر و آزوسپریلیوم*، تلفیق *ازتوباکتر* و *سودوموناس*، تلفیق *آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* و تلفیق هر سه باکتری) به کار برده شد. هفت روز پس از کاشت بذرها در خزانه، جوانه‌زنی صورت گرفت و ۲۱ روز پس از جوانه‌زنی گیاهان وارد مرحله شروع ساقه‌دهی شدند. در این مرحله نشاها به داخل ظرف‌های حاوی تیمارهای مختلف باکتری منتقل شده و پس از ۲۴ ساعت و در ساعات اولیه روز به زمین اصلی منتقل شدند. آبیاری در اوایل کشت و با توجه به موقعیت آب و هوایی، دو نوبت در هفته و در اواسط تابستان و اواخر دوره کشت تا برداشت نمونه گیاه سه نوبت در هفته آبیاری انجام شد. وجین کرت‌ها در کل دوره رشدی گیاه چهار مرتبه صورت گرفت. در مرحله شروع گلدهی صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع گیاه، قطر کانوپی و تعداد ساقه جانبی اندازه‌گیری شد و در مرحله گلدهی کامل گیاهان برای اندازه‌گیری سایر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک برداشت شدند. پس از اندازه-گیری صفات مورد نظر گیاهان در محیط آزمایشگاه و در مدت دو هفته خشک شده و به مؤسسه تحیقات جنگل‌ها و مراتع انتقال داده شدند. پس از آسیاب کردن نمونه‌های گیاهی، عمل اسانس‌گیری با دستگاه کلونجر و به روش تقطیر با بخار انجام شد. شناسایی و اندازه-گیری ترکیبات اسانس توسط دستگاه‌های GC و GC/MS انجام شد. محاسبه رنگدانه‌ها با استفاده از فرمول‌های زیر انجام گرفت (Arnon, 1975):

کلروفیل (g.L^{-1}) = (۰/۰۲۰۲)(OD۶۴۵) + (۰/۰۰۸۰۲)(OD۶۶۳)

محتوی کلروفیل a (g.L^{-1}) = (۰/۰۱۲۷)(OD۶۶۳) – (۰/۰۰۲۶۹)(OD۶۴۵) [1]

محتوی کلروفیل b (g.L^{-1}) = (۰/۰۲۲۹)(OD۶۴۵) – (۰/۰۰۴۴۸)(OD۶۳۸) [1]

اطلاعات به دست آمده، با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک
Table 1- physical properties the soil of field

بافت Texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) (Silt) (%)	شن (درصد) (%) Sand	اشباع (درصد) S.P (%)
رسی Clay	35.71	37.78	25.51	35.29

نتایج و بحث

با توجه به تجزیه واریانس تأثیر تیمارها (جدول ۳)، اثر تلقیح باکتری‌های محرک رشد بر درصد وزنی اسانس سرشاخه، بازده اسانس، طول ریشه، محتوی کلروفیل کل، a و b، کارتنوئید، α–pinene، sabinene، myrecene، α–terpinene، p-cymene، limonene، E-B-ocymene، ϒ-terpinene، Terpinen-4-01، α–terpinol و thymole در سطح احتمال یک درصد و بر روی ارتفاع بوته، قطر کانوپی، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد اندام هوایی، وزن خشک سرشاخه گلدار، عملکرد سرشاخه گلدار، تعداد گل-آذین، وزن خشک گل‌آذین، عملکرد اسانس سرشاخه مرزه و E-coryophyllen نیز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک
Table 2- chemical properties the soil of field

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	مواد آلی (درصد) Organic C (%)	آهن (پی پی‌ام) Fe (ppm)	روی (پی پی‌ام) zn (ppm)	فسفر قابل دسترس (Available Phosphorous)	پتاسیم (قابل دسترس) (Available Potassium)
1.02	7.48	0.09	1.33	3.18	0.37	8.16	580

جدول ۳- تجزیه واریانس باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات مرزه

Table 3 - Variance analysis of PGPRs effects on Characteristics of summer savory

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر کانوپی Canopy diameter	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	عملکرد اندام هوایی Shoot yield	وزن خشک سرشاخه گلدار Shoot dry weight of the blooming	عملکرد سرشاخه گلدار Yield of the blooming	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد برگ Leaf yield	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد گل آذین Number of inflorescences	وزن خشک گل آذین Inflorescences dry weight	عملکرد گل آذین Inflorescences yield	درصد وزنی اسانس Weight percentage of essential oil	بازده اسانس Essential oil efficiency	عملکرد اسانس Yield of essence
تکرار Block	2	5.68	2.71	67.03	8227557	34.27	423067	0.93	11504	1298057	3739	9.43	116422	0.068	0.045	278
تیمار Treatment	7	11.19*	14.17	26.65*	452441*	18.73*	231299*	0.35*	4377*	494267*	2546*	6.42*	79283	0.21**	0.22**	350*
خطا Error	14	3.46	5.91	28.97	357680	14.81	182855	0.43	5319	600571	1567	3.95	488	0.042	0.056	12.14
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.39	6.35	18.37	18.37	18.3	18.3	18.3	18.3	17.2	18.38	17.9	17.7	10.35	11.3	18.9

* و **: به ترتیب بیانگر معنی‌داری صفات در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

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

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات مرزه

Continued Table 3- Variance analysis of PGPRs effects on qualit ative characteristics of summer savory

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	محتوی کلروفیل کل Total Chlorophyll content	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	آلفا پینین α-pinene	ساینین Sabinene	میریسن Myrecene	آلفا ترپینین-α terpinene	پی‌سیمین p-cymene	لیمونن Limonene	ای بی سیمن-E-B ocymene	گاما ترپنین γ- terpinene	ترپنین Terpinen-401	آلفا ترپینول α-terpinol	تیمول Thymole	ای کوریوفیلن E-coryophyllene
تکرار Block	2	0.0001	0.0009	0.002	0.0012	0.0004	0.002	0.018	0.0015	0.0018	0.0001	0.004	0.001	0.0008	0.045	0.0001
تیمار Treatment	7	0.087**	0.089**	0.016**	0.025**	0.012**	0.33**	3.18**	16.3**	0.024**	0.001**	120.5**	0.128**	0.0004**	129**	0.026*
خطا Error	14	0.0007	0.0004	0.0005	0.0001	0.0004	0.005	0.006	0.016	0.0003	0.005	0.11	0.002	0.004	0.04	0.002
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		3.8	5.04	6.15	1.66	12.09	3.11	3.36	2.07	3.12	3.95	0.8	7.18	5.47	0.48	4.26

* و **: به ترتیب بیانگر معنی‌داری صفات در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

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

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات رشد و عملکرد کمّی مرزه

Table 4- Comparison means of PGPRs effects on growth characteristics and qualitative yield of summer savory

Means of traits میانگین صفات

	عملکرد گل آذین (کیلوگرم بر هکتار) Inflorescences Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک گل ذین (گرم) Inflorescences dry weight (g)	تعداد گل اذین (تعداد در هر گیاه) inflorescences number ($No.p^{-1}$)	شاخص سطح برگ Leaf area index	عملکرد برگ (کیلوگرم بر هکتار) Leaf Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک برگ (کیلوگرم بر هکتار) Leaf dry weight ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد سرشاخه گلدار (کیلوگرم بر هکتار) Shoot blooming Yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک سرشاخه گلدار (گرم) dry weight of blooming Shoot($g.p^{-1}$)	عملکرد اندام هوایی (کیلوگرم بر هکتار) Shoot yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک اندام هوایی (گرم) Shoot dry weight(g)	قطر کانوپی (سانتی متر) Canopy diameter (cm)	ارتفاع بوته(سانتی متر) Plant heigh(cm)	
	1019^{ab}	9.17^{ab}	183^{ab}	3994^{a}	329^{a}	329^{b}	818^{b}	17.63^{ab}	1740^{ab}	14.66^{b}	40.4^{a}	41.87^{abc}	ازتوباکتر *Azotobacter*
	1170^{ab}	10.54^{ab}	210^{ab}	4013^{a}	378^{a}	377.44^{a}	940^{ab}	20.25^{a}	3147^{a}	28.33^{a}	39.6^{a}	41.53^{bc}	آزوسپریلیوم *Azospirillum*
	1221^{ab}	10.99^{ab}	219^{ab}	4187^{a}	394^{a}	394.55^{a}	980^{ab}	21.13^{a}	3283^{a}	29.55^{a}	37^{ab}	41.53^{bc}	سودوموناس *Pseudomonase*
	1292^{ab}	11.36^{ab}	232^{ab}	4429^{a}	417^{a}	416.66^{a}	1037^{a}	21.35^{a}	3473^{a}	31.26^{a}	38.6^{a}	42.13^{abc}	ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم *Azotobacter+ Azospirillum*
	1343^{ab}	12.09^{ab}	24^{ab}	4603^{a}	433^{a}	433.33^{a}	1078^{a}	23.23^{a}	3610^{a}	32.49^{a}	38.53^{a}	42.6^{abc}	ازتوباکتر+ سودوموناس *Azotobacter+ Pseudomonase*
	1249^{ab}	11.24^{ab}	224^{ab}	4282^{a}	403^{a}	403.63^{a}	1002^{a}	21.61^{a}	3358^{a}	30.22^{a}	37.6^{ab}	44.53^{ab}	آزوسپریلیوم+ سودوموناس *Azospirillum+ Pseudomonase*
	1398^{a}	12.58^{a}	250^{a}	4792^{a}	45^{a}	399^{a}	1122^{a}	24.18^{a}	3758^{a}	33.82^{a}	40.53^{a}	45.33^{a}	ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم+ سودوموناس *Azotobacter+ Azospirillum+ Pseudomonase*
	916^{b}	8.25^{b}	164^{b}	3974^{a}	374^{a}	374^{a}	879^{b}	17.19^{b}	267^{b}	24.04^{b}	33.87^{b}	39.07^{c}	شاهد Control

* حروف مشترک در هر ستون نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* Similar letters in each column have not significant difference based on Duncan test at 5% probability level.

جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴)، نشان می‌دهد که بیشترین میزان ارتفاع بوته (۴۵/۳۳ سانتی‌متر) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بوده که با تلقیح باکتری *ازتوباکتر* و اثرات متقابل *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم، ازتوباکتر+ سودوموناس و آزوسپریلیوم+* سودوموناس اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن (۳۹/۰۷ سانتی‌متر) مربوط به تیمار شاهد بود که با تلقیح باکتری‌های *آزوسپریلیوم و سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان قطر کانوپی (۴۰/۵۳ سانتی‌متر) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بود که به جز باکتری *سودوموناس* با سایر سطح اختلاف معنی‌داری ندارد، کمترین میزان این صفت (۳۳/۸۸ سانتی‌متر) هم مربوط به تیمار شاهد بود که با باکتری *سودوموناس* اختلاف معنی-داری ندارد.

بیشترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۳۳/۸۲ گرم)، عملکرد اندام هوایی (۳۷۵۸ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک سرشاخه گلدار (۲۴/۱۸ گرم) و عملکرد سرشاخه گلدار (۲۶۸۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به اثر تلقیح توأم با هر سه باکتری بود که این صفات با کلیه تیمارها به جز تلقیح با باکتری *ازتوباکتر*، اختلاف معنی‌داری ندارند. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی (۲۴/۰۴ گرم)، عملکرد اندام هوایی (۲۶۷۱ کیلوگرم در هکتار)، وزن خشک سرشاخه (۱۷/۱۹ گرم) و عملکرد سرشاخه (۱۹۱۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد بود که با تلقیح باکتری *ازتوباکتر* اختلاف معنی‌داری ندارد (جدول ۴).

مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک برگ (۴۳۳ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد برگ (۴۵۱ کیلوگرم در هکتار) و شاخص سطح برگ (۴۷۹۲ سانتی‌متر مربع) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بوده و کمترین میزان این صفات به ترتیب (۳۲۸ کیلوگرم در هکتار)، (۲۶۳ کیلوگرم در هکتار) و (۳۹۷۴ سانتی‌متر مربع) مربوط به تیمار شاهد بود، کلیه سطوح تلقیح شده باکتری در رابطه با سه صفت مذکور با تیمار شاهد و با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) بیشترین میزان تعداد گل‌آذین (۲۵۰ عدد در هر گیاه)، وزن خشک گل‌آذین (۱۲/۵۸ گرم) و عملکرد گل‌آذین (۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلقیح توأم با هر سه باکتری بوده که در رابطه با این سه صفت با کلیه سطوح به جز تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشتند. کمترین میزان این صفات نیز به ترتیب (۱۶۴ عدد در هر گیاه)، (۲/۳۷ گرم) و (۲۶۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار شاهد می‌باشد که با کلیه تیمارها به جز تلفیق سه هر باکتری، اختلاف معنی‌داری ندارند.

بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، کاربرد کودهای بیولوژیک اثر معنی‌داری بر شاخصه‌های رشدی و بر خصوصیات کمی گیاه داشته و بهترین نتیجه در تلفیق هر سه باکتری *ازتوباکتر، آزوسپریلیوم* و *سودوموناس* به دست آمد که این نتیجه با یافته ویسانی و همکاران (Weisani et al., 2012) در بررسی اثر کود-های بیولوژیک بر صفات کمی و کیفی گیاه ریحان(*Ocimum basilicum* L.) مطابقت دارد، این محققین دریافتند که بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تلقیح با نیتروکسین + فسفاته بارور-۲ (۴۳/۲ سانتی‌متر) بود که در مقایسه با کاربرد مجزای دو عامل یاد شده و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد.

درزی و همکاران (Darzi et al., 2012) نیز در مطالعات خود بر روی گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L)، به این نتیجه رسیدند که بیشترین تعداد چتر در گیاه، که تعیین کننده حجم و گسترش اندام هوایی گیاه بود، مربوط به اثرات متقابل *ازتوباکتر* + *آزوسپریلیوم* + کود دامی (در سطح ۱۵ تن در هکتار) بود که با سایر سطوح تلقیحی اختلاف معنی‌داری دارد. اثر هورمونی القا شده در گیاه توسط تثبیت کننده‌های نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*) ممکن است یا به طور مستقیم تغییراتی در مورفولوژی ساقه گیاهان تلقیح شده (قطور شدن ساقه، افزایش شاخ و برگ و تعداد سرشاخه-های گلدار ایجاد کند) و یا با ازدیاد رشد ریشه و به تبع آن افزایش زمینه دسترسی به آب و املاح، رشد بیشتر بخش هوایی گیاه را ممکن سازد (Ribaudo et al., 2004). نتایج این تحقیق با نتایج به دست آمده در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) (Azaz et al., 2009) مطابقت دارد.

بیشترین میزان درصد اسانس (۲/۲۳ درصد) مربوط به تلقیح توأم با سه باکتری بود که با تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر، آزوسپریلیوم، سودوموناس* و اثرات متقابل *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم و آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری ندارد، کمترین میزان درصد اسانس (۱/۴۳ درصد) مربوط به تیمار شاهد بود که تنها با اثر

متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان بازده اسانس (۲/۴۲) مربوط به مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که کلیه سطوح باکتری اختلاف معنی‌داری نداشته و تنها با تیمار شاهد (۱/۵۵) که کمترین میزان بازده اسانس را داراست، اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۵).

نتایج بررسی اثر تلقیح با تثبیت کننده‌های نیتروژن، درگیاه مرزنجوش (El-Gahadban et al., 2002) و در گیاه دارویی رزماری (Abdelaziz et al., 2007)، افزایش غلظت برخی از عناصر پرمصرف در گیاه را ناشی از افزایش سطح جذبی ریشه به ازای هر واحد از حجم خاک، افزایش جذب آب، فعالیت فتوسنتزی و تعرق بیان کردند که تلقیح با این کودها به طور مستقیم بر فرآیند-های فیزیولوژیکی و مصرف کربوهیدرات‌ها در گیاهان مؤثر است. دست برهان و همکاران (Dastborhan et al., 2011) نیز در بررسی‌های خود بر روی گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) به این نتیجه رسیدند که باکتری *آزوسپریلیوم* در مقایسه با باکتری *ازتوباکتر*، تأثیر بیشتری بر افزایش میزان عملکرد اسانس و عملکرد کاپیتول گیاه داشت. بیشترین میزان درصد اسانس (۲/۲۳ درصد) مربوط به تلقیح توأم با سه باکتری بود که با تلقیح باکتری‌های *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس* و اثرات متقابل *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم* و *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی-داری نداشت. کمترین میزان درصد اسانس (۱/۴۳درصد) مربوط به تیمار شاهد بود که تنها با اثر متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت. با توجه به جدول مقایسه میانگین تیمارها بیشترین میزان بازده اسانس (۲/۴۲ درصد) مربوط به مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که کلیه سطوح باکتری اختلاف معنی‌داری نداشته و تنها با تیمار شاهد (۱/۵۵ درصد) که کمترین میزان بازده اسانس را داراست، اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۵).

بیشترین میزان عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار (۶۵/۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که با تلقیح باکتری‌های *آزوسپریلیوم*، *سودوموناس*، *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم*، *ازتوباکتر+ سودوموناس* و *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی-داری نداشت. کمترین میزان آن (۳۹ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تلقیح باکتری *ازتوباکتر* بود که تنها با تلقیح توأم سه باکتری اختلاف معنی‌داری دارد (جدول ۵).

بیشترین میزان کلروفیل کل (۰/۹۱ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* بود که با تلقیح توام هر سه باکتری و *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان آن نیز (۰/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* بود که با تلقیح باکتری *آزوسپریلیوم* اختلاف معنی‌داری نداشت. بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بود که با اثر متقابل *ازتوباکتر+ آزوسپریلیوم* اختلاف معنی‌داری داشت، کمترین میزان این صفت نیز (۰/۲۳ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با *ازتوباکتر* بود که با تلقیح باکتری‌های *آزوسپریلیوم* و *ازتوباکتر+ سودوموناس* اختلاف معنی-داری نداشت. بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۴۶ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به اثر متقابل *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* بود که با تلقیح توأم هر سه باکتری اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز (۰/۲۴ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح با باکتری *سودوموناس* بود که با تمامی سطوح و حتی با تیمار شاهد نیز اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بوده که با تمامی سطوح تلقیح شده اختلاف معنی‌داری داشت، کمترین میزان (۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر) این صفت نیز مربوط به تلقیح *ازتوباکتر* بوده و با تلقیح باکتری *آزوسپریلیوم* و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۵).

شاخص‌ترین ترکیب اسانس گیاه مورد بررسی γ- terpinene و thymole بود که بیشترین میزان γ- terpinene (۵۳/۰۶ درصد) مربوط به اثر متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* بوده و با کلیه سطوح تیماری اختلاف معنی‌داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز (۳۳/۲۳ درصد) مربوط به تلقیح با باکتری *سودوموناس* بود که این سطح با تمامی سطوح دیگر و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. بیشترین میزان thymole (۴۸/۴۹ درصد) مربوط به تلقیح با باکتری *ازتوباکتر* بود که با تمامی سطوح اختلاف معنی‌داری دارد، کمترین میزان این صفت (۲۸/۹۸ درصد) نیز مربوط به اثر متقابل *ازتوباکتر+ سودوموناس* بود (جدول ۵).

بیشترین میزان α-pinene (۰/۹۷ میلی‌گرم بر لیتر)، myrecene (۲/۸۲ میلی‌گرم بر لیتر)، α-terpinene (۳/۶۷ میلی‌گرم بر لیتر)، limonene (۰/۶۹ میلی‌گرم بر لیتر)، E-B-ocymene (۰/۱۷ میلی-گرم بر لیتر) و γ-terpinene (۵۳/۰۶ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به اثر متقابل دو باکتری *ازتوباکتر+ سودوموناس* بود و تمامی ترکیبات فوق در سطوح مختلف تیماری دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشند

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات کیفی مرزه

Table 5 – Comparison means of PGPRs effects on Quality characteristics of summer savory

تیمار Treatment	درصد وزنی اسانس Percentage (درصد) weight of essence	بازده اسانس (درصد) Efficiency (%)	عملکرد اسانس سرشاخه (کیلوگرم در هکتار) Performance of Essence (kg.ha-1)	کلروفیل Total Chlorophyll (میلی گرم بر لیتر)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.L-1)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.L-1)	الفا پینین (٪) α-pinene (%)	سابینین (٪) Sabinene (%)	میریسن (٪) myrecene(%)	الفا ترپینین (٪)-α terpinene (%)	پی‌سیمین (٪) p-cymene (%)	لیمونن (٪) limonene (%)	ای بی سیمن (٪) E-B-ocymene (%)	گاما ترپینین (٪) ɤ- terpinene (%)	ترپینین٤-١ (٪) Terpinen-4-1(%)	الفا ترپینول (٪) α-/Terpinol (%)	تیمول (٪) thymole (%)	ای کوریوفیلن (٪) E-coryophyllene (%)
شاهد Control	1.43^{c}	1.55^{b}	30^{c}	0.78^{b}	0.56^{b}	0.36^{b}	0.70^{d}	0.16^{b}	2.25^{b}	0.95^{f}	10.84^{a}	0.63^{b}	0.15^{c}	43.49^{c}	0.69^{c}	0.168^{abc}	36.70^{g}	0.156^{e}
ازتوباکتر *Azotobacter*	1.98^{a}	2.36^{a}	39^{bc}	0.52^{d}	0.23^{e}	0.30^{e}	0.70^{d}	0.17^{b}	1.83^{e}	1.70^{e}	3.97^{g}	0.41^{f}	0.16^{ab}	34.89^{g}	0.82^{b}	0.175^{ab}	48.49^{a}	0.378^{b}
ازوسپریلیوم *Azospirillum*	2.22^{a}	2.36^{a}	53.3^{ab}	0.55^{cd}	0.24^{e}	0.30^{e}	0.75^{c}	0.17^{b}	2.26^{c}	1.11^{g}	7.86^{b}	0.48^{e}	0.16^{ab}	39.96^{e}	0.92^{a}	0.160^{bcd}	41.46^{e}	0.169^{e}
سودوموناس *Pseudomonas*	1.98^{ab}	2.22^{a}	51.3^{bc}	0.58^{c}	0.42^{d}	0.24^{d}	0.72^{d}	0.18^{b}	1.84^{e}	1.45^{f}	6.91^{c}	0.61^{b}	0.13^{d}	33.23^{h}	0.54^{d}	0.169^{abc}	46.77^{b}	0.28^{c}
ازتوباکتر+ ازوسپریلیوم *Azotobacter+ Azospirillum*	2^{ab}	2.16^{a}	52.9^{ab}	0.91^{a}	0.60^{a}	0.39^{b}	0.82^{b}	0.12^{c}	2.41^{b}	2.97^{c}	5.35^{e}	0.60^{b}	0.16^{ab}	45.89^{b}	0.48^{d} e	0.144^{d}	37.50^{f}	0.248^{d}
ازتوباکتر+ سودوموناس *Azotobacter+ Pseudomonase*	1.75^{bc}	2.1^{a}	54.3^{ab}	0.57^{c}	0.24^{e}	0.32^{c}	0.97^{a}	0.19^{b}	2.82^{a}	3.67^{a}	5.67^{d}	0.69^{a}	0.17^{a}	53.06^{a}	0.48^{d} e	0.156^{cd}	28.98^{h}	0.258^{cd}
ازوسپریلیوم+ سودوموناس *Azospirillum+ Pseudomonase*	2.14^{ab}	2.03^{a}	48.4^{ab}	0.89^{a}	0.52^{c}	0.46^{a}	0.74^{c}	0.07^{d}	2.12^{d}	2.61^{d}	4.63^{f}	0.51^{d}	0.13^{d}	38.29^{f}	0.42^{e}	0.181^{a}	46.11^{c}	0.415^{a}
ازتوباکتر+ ازوسپریلیوم+ سودوموناس *Azotobacter+ Azospirillum+ Pseudomonase*	2.23^{a}	2.43^{a}	65.6^{a}	0.9^{a}	0.63^{a}	0.44^{a}	0.71^{d}	0.29^{a}	2.24^{cd}	3.17^{b}	4^{g}	0.55^{c}	0.13^{d}	41.52^{d}	0.32^{f}	0.125^{cd}	44.13^{d}	0.356^{b}

* حروف مشترک در هر ستون نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد

* Similar letters in each column have not significant difference based on Duncan test at 5% probability level.

و کمترین میزان هر کدام از ترکیبات فوق نیز مربوط به تیمار متفاوتی بود. بیشترین میزان p-cymene (۱۰/۸۴ میلی‌گرم بر لیتر) مربوط به تیمار شاهد بود و سایر سطوح تیماری نسبت به تیمار شاهد بر میزان این صفت اثر کاهش‌دهندگی داشتند (جدول ۵).

بیشترین میزان Sabinene (۰/۲۹درصد) مربوط به تلقیح توأم هر سه باکتری بوده و بیشترین میزان Terpinene-4-01 (۹۲ درصد) مربوط به تلقیح با باکتری *آزوسپریلیوم* بود. بیشترین میزان terpinol-α (۰/۱۸۱درصد) و E-coryophyllene (۰/۴۱۵ درصد) مربوط به ترکیب *آزوسپریلیوم+ سودوموناس* بوده و کمترین میزان صفات مذکور نیز مربوط به تیمارهای متفاوتی بود (جدول ۵).

تأثیر *ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس* بر رشد، عملکرد میوه و ترکیب اسانس گیاه رازیانه طی مطالعه‌ای توسط محفوظ و شرف الدین (Mahfouz & Sharaf- Eldin, 2007) مورد بررسی قرار گرفت که افزایش اسانس رازیانه را در پی داشت. همچنین کاربرد کودهای زیستی روی رازیانه و کرفس (*Apium graveolens* L.) (Gad, 2001) و گشنیز و زیره سیاه (*Carum carvi* L.) نیز موجب افزایش اسانس شد (Amin, 1997). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) با بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک نیتراژین، نیتروکسین، کود بیولوژیک حل‌کننده فسفات و ورمی‌کمپوست و تیمارهای ترکیبی از این کودهای بیولوژیک دریافتند که کاربرد این کودها بر عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس مرزه تأثیر معنی‌داری داشت و تیمار ترکیبی نیتراژین، نیتروکسین بیشترین عملکرد بیولوژیک ودرصد اسانس را به خود اختصاص دادند. بنابراین، چنین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی می‌تواند در بهبود خصوصیات کمّی و کیفی مرزه مؤثر باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که بیشترین اثر افزایشی بر عملکرد و ترکیبات اسانس مربوط به تلقیح با هر سه باکتری بوده و نسبت سایر تیمارها در اکثر صفات تفاوت معنی‌داری دارد. تمامی صفات مورد بررسی در سطوح مختلف تیماری با شاهد اختلاف بسیار معنی‌داری دارد و این موضوع بیانگر آن است که هر چند بیشترین و بهترین اثرات مربوط به اثر متقابل سه باکتری بود، ولی کاربرد هر کدام از باکتری‌ها به صورت جداگانه یا تلفیق دو باکتری نیز اثر افزایشی معنی‌داری بر بسیاری از صفات دارد.

منابع

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

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas flurescence* enhance biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7-11.

Amin, I.S. 1997. Effect of bio-and chemical fertilization on growth and production of *Coriandrum sativum*, *Foeniculum vulgare* and *Carum carvi* plants. Annals of Agriccultural Science, Moshtohor, Egypt 35(4): 2327-2334.

Arnon, D.I. 1975. Physiological principles of dry land crop production. In: Gupta .U.S. (Ed). Physiological aspects of dry land farming. p. 3-14. Oxford Press.

Azzaz, N.A., Hassan, E.A., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of Fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3(2): 579-587.

Banchio, E.C., Bogino, P., Zygadlo, J., and Giordano, W. 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L. Journal of Biochemistry Systems and Ecology 36: 766-771.

Bashan, Y., Holguin, G., and de-Bashan, L.E. 2004. *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Canadian Journal of Microbiology 50 (Suppl. 8): 521-577.

Darzi, M.T., Hadj Seyed Hadi, M.R., and Rejali, F. 2012. Effects of cattle manure and plant growth promoter bacteria application on some morphological traits and yield in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(3): 434-446. (In Persian with English Summary)

Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., and Tavassoli, A.R. 2011. Effect of biofertilizers and different amounts of nitrogen on yield of flower and essential oil and nitrogen use efficiency of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(2): 290-305. (In Persian with English Summary)

EL-Gahadban, E.A., Ghallab, A.M., and Abdelwahab, A.F. 2002. Effect of organic fertilizer (Biogreen) and biofertilization on growth, yield and chemical composition of Marjoram plants growth under newly reclaimed soil conditions. 2nd Congress of Recent Technologies in Agriculture. Cairo University, 28-30 October 345-359.

Fallahi, J. 2009. Effects of biofertilizers and chemical fertilizers on quantity and quality characterize of Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) as a medicinal plant. MSc Thesis in College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Gad, W.M. 2001. Physiological studies on *Foeniculum vulgare* Mill. and *Anethum graveolens* L. MSc Thesis. Faculty Agric., Kafr El-Sheikh, Tanta University, Egypt.

Khalil, M.Y. 2006. How-far would *Plantago afra* L. respond to bio and organic manures amendements. Research Journal of Biological Sciences 2(1): 12-21.

Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J.W., and Reddy, M.S. 2006. Plant growth-promoting rhizobacteria as transplant amendments and their affects on indigenous rhizosphere microorganisms. Journal of Applied Soil Ecology 31: 91-100.

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

Mahfouz, S.A., and Sharaf, E. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Journal of Agrophysics 21: 361-366.

Rahimzadeh, S.T., Sohrabi, Y., Heydari, G.R., and Pirzad, A.R. 2012. The effect of application of biofertilizers on some morphological characteristic and yield of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Horticultural Science 25(3): 335-343. (In Persian with English Summary)

Ratti, N., Kuma,r S., Verma, H.N., and Gautams, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* by rhizobacteria, AMF and *azospirillum* inoculation. Microbiology Research 156: 145-149.

Renaut, J., Lutts, S., Hoffmann, L., and Hausman, J.F. 2004. Responses of poplar to chilling temperature: proteomics and physiological aspects. Plant Biology 6: 81-90.

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.). Agroecology 5(2): 105-112. (In Persian with English Summary)

Ribaudo, C.M., Krumpholz, E.M., Cassan F.D., Bottini, R., Kloepper, J.W., Reddy, M.S., Rodríguez-Kabana, R., Kenney, D.S., Kokalis-Burelle, N., Martinez-Ochoa, N., and Vavrina, C.S. 2004. Application of rhizobacteria in transplant production and yield enhancement. Acta Horticulturae 631: 217-229.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agro-bios, India, 300 pp.

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

Vande Broek, A. 1999. Auxins upregulate expression of the indol-3-pyruvate decarboxylase gene in *Azospirillum brasilense*. Journal of Bacteriology 181: 1338-1342.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255 (Suppl. 2): 571-586.

Weisany, W., Rahimzadeh, S., and Sohrabi, Y. 2012. Effect of biofertilizers on morphological, physiological characteristic and essential oil content in basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28(1): 73-87. (In Persian with English Summary)

Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., and Abbassi, F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research 6(4): 798-807.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۸۹۰-۸۸۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 880-890

بررسی نظام‌های تولید و تنوع زیستی گیاهان دارویی و معطر در بوم نظام‌های کشاورزی استان قزوین

لیلا تبریزی[1*]، پروین امینی کردکندی[2] و کورس خوشبخت[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۲٤
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۸

چکیده

به منظور بررسی وضعیت نظام‌های تولید و تنوع زیستی گیاهان دارویی تحت کشت در بوم‌نظام‌های کشاورزی گیاهان دارویی استان قزوین، تحقیقی در سال ۱۳۹۰ در این استان صورت گرفت. بدین منظور، ابتدا با تهیه پرسش‌نامه‌ای نیمه ساختاری و انجام مصاحبه حضوری با کشاورزان استان، اطلاعات مربوط به وضعیت تنوع زیستی و نظام‌های تولید گیاهان دارویی در مناطق اصلی تحت کشت گیاهان دارویی شامل چهار منطقه از استان (تاکستان، آبیک، قزوین و الموت) جمع‌آوری گردید. سپس شاخص‌های مختلف غنا، تنوع و تشابه گونه‌ای محاسبه شد. نتایج نشان داد که در کل استان ۳۶ گونه دارویی مورد کشت قرار می‌گیرند، که بیشترین گونه‌های تحت کشت و کار عمدتاً به سه خانواده نعناعیان، آفتابگردان و چتریان تعلق داشتند. حدود ۷۰٪ از نظام‌های کشاورزی تحت کشت گیاهان دارویی در مناطق مورد مطالعه نیز بر پایه نظام کشاورزی کم‌نهاده استوار بودند. در مناطق مورد مطالعه، غنای گونه‌ای در تاکستان، آبیک، قزوین و الموت به ترتیب ۱۶، ۱، ۲۴ و ۲۰ به دست آمد و مقدار شاخص شانون- وینر و یکنواختی گونه‌ای به ترتیب ۰/۴۷ و ۰/۲۸ برای کل استان به دست آمد. بر اساس شاخص تشابه سورنسون بین مناطق مختلف استان، بیشترین مقدار تشابه (۰/۶۱) بین مناطق تاکستان و الموت مشاهده شد و کمترین میزان تشابه بین مناطق آبیک با قزوین و آبیک با الموت (صفر) به دست آمد. بر اساس نتایج این پژوهش، تقریبا در بیشتر پارامترهای ارزیابی شده منطقه قزوین نسبت به سایر مناطق مورد بررسی، برتری نشان داد که شاید از مهمترین عوامل ایجاد کننده این تمایز بتوان به وجود صنایع تبدیلی گیاهان دارویی در این منطقه علاوه بر عوامل جغرافیایی اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: تنوع گونه‌ای، شاخص تشابه، غنای گونه‌ای، نظام کم‌نهاده.

مقدمه

تنوع زیستی از مهمترین عناصر پایداری در بوم‌نظام‌ها بوده و با فعال کردن فرآیندهای درون نظامی باعث ارتقای ساختار و کارکرد هر بوم‌نظام می‌شود. بخشی از تنوع زیستی که مستقیماً توسط انسان ایجاد و یا مدیریت می‌شود تنوع زیستی کشاورزی است که بنا به تعریف، به تنوع زیستی موجود در بوم‌نظام‌های کشاورزی اطلاق می‌شود (Brookfield & Stocking, 1999) و عبارتست از تنوع و گوناگونی موجودات زنده‌ای که در سطح وسیع در کشاورزی و تولید غذا اهمیت دارند و مورد استفاده قرار می‌گیرند (Wood & Lenne, 1999; Jackson et al., 2007a)، همچنین دانش مرتبط با آن‌ها را نیز دربرمی‌گیرد. در برخی منابع تنوع زیستی را مرکز ثقل کشاورزی پایدار مطرح نموده‌اند (Jackson et al., 2007a,b) زیرا از این طریق امکان تولید بیشتر و با کیفیت بهتر منابع غذایی برای جمعیت رو به رشد بشری فراهم می‌گردد، از منابع طبیعی که کشاورزی بدان‌ها وابسته است حفاظت می‌کند و در مجموع سبب تقویت و ارتقای رفاه اجتماعی جوامع کشاورزی می‌شود (Jackson et al., 2007b).

تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی علاوه بر تولید یکسری کالاها مانند غذا، الیاف، دارو، سوخت و درآمد، یکسری خدمات اکولوژیکی (Moonen & Barberi, 2008; Thrupp, 2004) نیز فراهم می کند. این خدمات در بوم‌نظام عمدتاً بیولوژیکی بوده و بنابراین، تداوم آن‌ها متکی به حفظ تنوع زیستی می‌باشد. با از بین

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استادیار و دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج و دانشیارگروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: L.tabrizi@ut.ac.ir)

رفتن این خدمات طبیعی که عمدتاً ناشی از ساده‌سازی بیولوژیکی می‌باشد، هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی افزایش خواهد یافت. به عنوان مثال، با حذف این خدمات بیولوژیکی در کشاورزی، هزینه تأمین نهاده‌های خارجی و به خصوص نهاده‌های شیمیایی برای بوم-نظام کشاورزی افزایش می‌یابد (Turner et al., 2003). منفعت تنوع زیستی کشاورزی از تفاوت‌های موجود در تولید گونه‌ها، قیمت محصولات آن‌ها، نیازهای تغذیه‌ای، واکنش به تنش‌ها و نقش بیولوژیکی که در کنترل علف‌های‌هرز، آفات و بیماری‌ها می‌توانند داشته باشند، حاصل می‌شود (Connor, 2001) که مجموع عوامل ذکر شده منجر به کاهش ریسک در بوم‌نظام زراعی شده و به برگشت‌پذیری و پایداری بوم‌نظام کمک می‌کنند (Thrupp, 2004). با توجه به آن‌چه که مطرح شد ضرورت ایجاد، حفظ و ارتقای تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی بیش از پیش احساس می‌شود.

بر این اساس نقش گیاهان دارویی خصوصاً گونه‌های بومی در ایجاد و افزایش تنوع در بوم‌نظام‌های کشاورزی، از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا برخی از گیاهان دارویی بومی، در زمره گیاهان فراموش شده و کم‌بهره‌برداری شده‌ای هستند که در زمین‌های حاشیه‌ای و شرایط تنش قادر به حفظ پایداری تولید هرچند با عملکرد کم هستند و نقش مهمی در اقتصاد و درآمدزایی مردم این نواحی ایفا می‌کنند (IPGRI, 2002). لازم به ذکر است هر چند کشت گیاهان دارویی در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران در گذشته مرسوم بوده است ولی در حال حاضر بسیاری از این گونه‌ها در گروه گیاهان فراموش شده و کم‌بهره‌برداری شده قرار گرفته اند و جایگاه مناسب خود را در الگوی کشت بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور پیدا نکرده‌اند.

براساس آمار موجود، در سال ۱۳۹۰ حدود ۳۵ هزار هکتار از اراضی کشاورزی در استان‌های مختلف کشور به کشت گیاهان دارویی (بدون احتساب زعفران و گل محمدی) اختصاص داشت (, CITCMAJ[1]2013) که در مقایسه با سطح زیر کشت بسیاری از گونه‌های زراعی و باغی کشور میزان ناچیزی است. در حالی‌که با کشت گیاهان دارویی می‌توان در جهت کاهش فشار بر منابع طبیعی و امکان عرضه پایدار گیاهان دارویی، به حداقل رسیدن امکان تقلب در مواد خام گیاهی و حفظ گونه‌هایی که در رویشگاه طبیعی خود در معرض خطر انقراض قرار دارند، اقدام کرد (Tabrizi, 2007).

در خصوص تنوع زیستی کشاورزی در ایران چندین پژوهش صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها در زمینه گیاهان دارویی و معطر (Koocheki et al., 2004a)، محصولات باغی، سبزی و صیفی (Koocheki et al., 2004b)، تنوع گونه‌های زراعی ایران (Nassiri Mahallati et al., 2005) و باغ‌کشت‌ها[2] (Ghalegolab Behbahani et al., 2012 Khoshbakht et al., 2009;) می‌توان اشاره کرد. همچنین در مطالعه‌ای که به منظور فراتحلیل تنوع زیستی کشاورزی در ایران صورت گرفت، عنوان شد گیاهان دارویی سهم بسیار کمی از کل سطح زیر کشت کشور (۰/۱۴ درصد) را در بر می-گیرند و بیشترین سهم سطح زیرکشت به استان‌های خراسان رضوی، فارس و گلستان اختصاص داشت و دو محصول زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و زعفران (*Crocus sativus* L.) از بیشترین سطح زیرکشت برخوردار بودند (Koocheki et al., 2011). در بررسی تنوع زیستی کشاورزی منطقه بارمانا در هند عنوان شد از ۵۰ گونه گیاهی تحت کشت، گیاهان دارویی از غنای گونه‌ای حدود ۲۹ برخوردار بودند و به ۱۷ خانواده تعلق داشتند (Sharma & Pishra, 2009).

در منطقه مورد بررسی در این پژوهش (استان قزوین) مطالعات محدودی در مورد تنوع زیستی کشاورزی، خصوصاً گیاهان دارویی صورت گرفته است. همچنین با توجه به کشت و پرورش تعدادی گونه دارویی که طی چند سال اخیر، در نظام‌های کشاورزی این منطقه وارد شده است، هدف از این تحقیق، مطالعه گیاهان دارویی مورد کشت و کار در استان قزوین به منظور تعیین تنوع گونه‌ای آن‌ها و بررسی وضعیت بوم‌نظام‌های تحت کشت آن‌ها بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با مراجعه به سازمان جهاد کشاورزی استان قزوین و مشخص نمودن مناطق زیر کشت گیاهان دارویی و معطر این استان در تابستان سال ۱۳۹۰ آغاز گردید. پس از تقسیم‌بندی استان قزوین به چهار منطقه (تاکستان، آبیک، قزوین و الموت) که عمده کشت گیاهان دارویی در آن‌ها صورت می‌گرفت و تهیه پرسش‌نامه‌ای نیمه ساختاری، مصاحبه‌ای به صورت رو در رو با کشاورزانی که کشت گیاهان دارویی انجام می‌دادند، صورت گرفت.

[1]- Center of Information Technology and Communication of Ministry of Jihad-e- Agriculture (CITCMAJ)

[2]- Homegardens

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی مناطق زیر کشت گیاهان دارویی استان قزوین در این پژوهش

Table 1- Geographical characteristics of studied regions under cultivation of medicinal plants in Qazvin province

شهر City	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation above sea level (m)	طول جغرافیایی (درجه شرقی) Longitude (°E)	عرض جغرافیایی (درجه شمالی) Latitude (°N)
تاکستان Takestan	1240	49° 48′ 32.8"	35° 57′ 58.7"
آبیک Abyek	1008	50° 31′	36° 03′
قزوین Qazvin	1261	49° 53′ 12.681"	36° 10′ 49.639"
الموت Alamut	1532	50° 24′ 57.472"	36° 28′ 28.458"

پرسش‌نامه حاوی پرسش‌هایی به منظور ارزیابی تنوع زیستی کشاورزی (تنوع گونه‌ای و بوم‌نظامی)، وضعیت اجتماعی- اقتصادی کشاورزان از جمله سابقه آشنایی و کشت و کار گیاهان دارویی، سهم درآمد حاصله و نحوه مدیریت زراعی مزارع موجود از نظر میزان مصرف نهاده‌های خارجی از جمله انواع سموم شیمیایی و کود بود. تنوع زیستی در دو سطح تنوع گونه‌ای و بوم‌نظام مورد بررسی قرار گرفت که برای این منظور تعداد گونه‌های دارویی مورد کشت (غنای گونه‌ای)، فراوانی نسبی، سطح زیر کشت هر گونه دارویی و تنوع روش‌های تولید در بوم نظام‌های کشاورزی در مناطق مختلف استان بررسی شد. سپس با استفاده از معادلات مربوط به شاخص‌های تنوع زیستی، غنای گونه‌ای، شاخص شانون- وینر، شاخص یکنواختی گونه‌ای و شاخص تشابه سورنسون محاسبه شد تا با بررسی این شاخص‌ها، وضعیت تنوع زیستی کشاورزی گیاهان دارویی مورد کشت در استان قزوین مشخص گردد.

در مزارع مورد بررسی، جهت ثبت اطلاعات جغرافیایی و مختصات هر منطقه از دستگاه تعیین موقعیت جهانی[1] استفاده گردید که اطلاعات ثبت شده در جدول ۱ نشان داده شده است. همچنین جهت تعیین خصوصیات اقلیمی و اطلاعات هواشناسی مکان‌های نمونه‌برداری، از آمار نزدیکترین ایستگاه‌های هواشناسی هر منطقه استفاده گردید (جدول ۲).

شاخص غنای گونه‌ای با شمارش تعداد گونه‌های موجود در هر منطقه بر اساس رابطه S = R محاسبه گردید که در آن R غنای گونه‌ای و S تعداد گونه‌های موجود در بوم‌نظام می‌باشد (Nassiri Mahallati et al., 2005).

شاخص شانون- وینر بر اساس غنای گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌ها از طریق معادله (۱) محاسبه شد که در آن H' شاخص شانون بوده و در این پژوهش برای گونه‌های دارویی زیر کشت، مشابه محاسبات زراعی، n برابر است با سطح زیر کشت هر گونه، N کل سطح زیر کشت گیاهان دارویی و P_i سهم i امین گونه دارویی از کل سطح زیر کشت گیاهان دارویی می‌باشد. $\frac{n}{N}$ نشان دهنده نسبت یا فراوانی یک گونه می‌باشد (Nassiri Mahallati et al., 2005).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S}(P_i \ln P_i) \qquad \text{معادله (۱)}$$

$$P_i = \frac{n}{N}$$

شاخص یکنواختی گونه‌ای که معیاری از شدت یکنواختی توزیع تعداد یا سطح زیر کشت بین گونه‌های دارویی است (Magurran, 1988) از طریق معادله (۲) محاسبه شد که در این معادله H' همان شاخص تنوع شانون- وینر و S بیانگر تعداد گونه‌ها می‌باشد. مقدار عددی شاخص یکنواختی برابر یا کوچکتر از یک است. مقدار عددی یک نشان دهنده یکسان بودن سطح زیر کشت (یا تعداد) بین گونه-های دارویی و صفر بیانگر غیر یکنواختی در توزیع گونه‌های دارویی است (Magurran, 1988).

$$J = \frac{H'}{\ln S} \qquad \text{معادله (۲)}$$

از شاخص تشابه سورنسون نیز برای ارزیابی تشابه تنوع در دو منطقه استفاده گردید (معادله ۳). در این رابطه، C تعداد گونه‌های مشترک در دو منطقه است و A و B تعداد گونه‌ها در دو منطقه به تفکیک می‌باشند. مقدار S بین صفر و یک متغیر است.

[1] GPS: Global Positioning System

جدول ۲- مشخصات اقلیمی مناطق زیر کشت گیاهان دارویی استان قزوین در این مطالعه

Table 2- Climatic characteristics of studied regions under cultivation of medicinal plants in Qazvin province

شهر City	متوسط دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) Average annual temperature (°C)	متوسط رطوبت نسبی سالیانه (درصد) Average annual relative humidity (%)	متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Average annual rainfall (mm)	تعداد روزهای یخبندان در سال Number of freezing days per year	مجموع تبخیر در سال (میلی‌متر) Total evaporation per year (mm)	مجموع ساعات آفتابی در سال Total sunshine hours per year
تاکستان Takestan	13.6	53	24.1	114	1676.3	2972.5
آبیک Abyek	15.3	58	25.4	82	1239.9	-
قزوین Qazvin	13.7	57	35.3	111	1373.7	3023
الموت Alamut	12.4	57	44.5	99	1365.4	2502.9

هر چه این مقدار به سمت یک میل کند نشان دهنده تشابه بیشتر بین دو منطقه و صفر نیز نشان دهنده عدم تشابه در ناحیه مورد نظر می‌باشد. مقدار عددی یک، تشابه کامل در دو منطقه مورد پژوهش را از نظر تعداد گونه‌های موجود نشان می‌دهد (Chao et al., 2006).

معادله (۳) $S = \frac{2C}{A+B}$

محاسبه شاخص‌های مورد نظر از طریق معادلات مربوطه، با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تنوع گونه‌های گیاهان دارویی موجود در مناطق مورد مطالعه

طبق نتایج حاصل از این پژوهش، تعداد گونه‌های گیاهان دارویی مورد کشت و کار در مزارع مناطق مورد بررسی در استان قزوین ۳۶ گونه بود که به ۱۶ خانواده تعلق داشتند و خانواده‌های نعناعیان (Lamiaceae)، کاسنی (Asteraceae) و چتریان (Apiaceae) از نظر تعداد گونه‌های دارویی زیر کشت بیشترین سهم را دارا بودند (جدول ۳). نتایج نشان داد در منطقه قزوین تعداد گونه‌های دارویی بیشتری نسبت به سایر مناطق مورد بررسی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد که از مهمترین دلایل آن می‌توان به وجود مجتمع صنایع دینه ایران در این منطقه اشاره کرد که برای تولید مواد گیاهی خام جهت تولید داروهای گیاهی اقدام به کشت و پرورش گونه‌های دارویی بسیار زیادی می‌نماید. منطقه الموت با کشت ۲۰ گونه دارویی در رتبه بعدی قرار داشت که با شرایط آب و هوایی خاص این ناحیه و وجود ایستگاه تحقیقات گیاهان دارویی الموت، این نتیجه‌گیری دور از انتظار نیست. در منطقه آبیک تنها یک گونه دارویی (زعفران) مورد کشت قرار داشت که ممکن است به دلیل شرایط جغرافیایی مانند کمترین مقدار ارتفاع از سطح دریا و بیشترین میانگین دمای سالیانه و همچنین انگیزه‌های اقتصادی کشاورزان، در این منطقه نسبت به سایر مناطق استان قزوین، گیاهان دارویی کمتری کشت و کار می‌شد. از طرف دیگر، مشکل کمبود آب جهت آبیاری مزارع و درآمد مناسب، نیز سبب رویکرد کشاورزان آبیک به کشت محصولی هم چون زعفران شده است که از نظر نیاز آبی گیاهی کم توقع محسوب می‌شود. در تحقیقی تعداد گونه‌های دارویی و معطری که در ۲۷ استان کشور کشت می‌شوند را حدود ۵۶ گونه (۲۸ خانواده) گزارش کردند که این نتایج در مورد کل کشور، در مقایسه با نتایج این پژوهش در قالب بررسی یک استان، نشان می‌دهد که استان قزوین با کشت ۳۶ گونه دارویی از جایگاه ممتازی در این راستا بهره‌مند می‌باشد (Koocheki et al., 2004a). به نظر می‌رسد بالا بودن تعداد گونه‌های دارویی در این استان به علت وجود تنوع شرایط اقلیمی و در نتیجه امکان کاشت گونه‌های مختلف و همچنین وجود صنایع تبدیلی مربوطه بوده است.

جدول ۳- گونه‌های دارویی مورد کشت در بوم‌نظام‌های کشاورزی مناطق مورد مطالعه

Table 3- Medicinal plants species under cultivation in agroecosystems of studied regions

نام گیاه دارویی Medicinal plant name	نام علمی Scientific name	خانواده Family	مناطق Regions			
			تاکستان Takestan	آبیک Abyek	قزوین Qazvin	الموت Alamut
اسطوخودوس	*Lavandula officinalis* L.	Lamiaceae	❋		❋	❋
اسفرزه	*Plantago ovata* Forsk.	Plantaginaceae			❋	
اکالیپتوس	*Eucalyptus globulus* Labille.	Myrtaceae			❋	
انیسون (بادیان رومی)	*Pimpinella anisum* L.	Apiaceae				❋
آرتیشو (کنگر فرنگی)	*Cynara scolymus*	Asteraceae			❋	
آویشن باغی	*Thymus vulgaris* L.	Lamiaceae	❋		❋	❋
بابونه آلمانی	*Matricaria chamomilla* L.	Asteraceae	❋			❋
بادرنجبویه	*Melissa officinalis* L.	Lamiaceae	❋		❋	❋
بومادران	*Achillea millefolium* L.	Asteraceae	❋			
جینکو	*Ginkgo biloba* L.	Ginkgoaceae			❋	
ختمی دارویی	*Althea officinalis* L.	Malvaceae			❋	❋
رازیانه	*Foeniculum vulgare* Mill.	Apiaceae	❋		❋	❋
رزماری	*Rosmarinus officinalis* L.	Lamiaceae	❋		❋	❋
زعفران	*Crocus sativus* L.	Iridaceae	❋	❋		
زنیان	*Carum copticum* L.	Apiaceae				❋
زوفا	*Hyssopus officinalis* L.	Lamiaceae	❋		❋	
زیره سبز	*Cuminum cyminum* L.	Apiaceae			❋	
زیره سیاه اروپایی	*Carum carvi* L.	Apiaceae			❋	
زیره سیاه ایرانی	*Bonium persicum* Boiss.	Apiaceae				❋
سرخارگل	*Echinacea purpurea* L.	Asteraceae			❋	
سنبل‌الطیب	*Valeriana officinalis* L.	Valerianaceae	❋		❋	
سیاهدانه	*Nigella sativa* L.	Ranunculaceae				❋
کاکوتی	*Ziziphora tenuior* L.	Lamiaceae	❋			
گالگا	*Galega officinalis* L.	Fabaceae			❋	
گاوزبان	*Echium amoenum* Fisch. & C. A. Mey.	Boraginaceae	❋			❋
گل راعی	*Hypericum perforatum* L.	Hypericaceae			❋	
گل ساعتی	*Passiflora caerulea*	Passifloraceae			❋	
گل محمدی	*Rosa damascena* Mill.	Rosaceae	❋		❋	❋
گل مغربی	*Oenothera erythrosepala* Micheli.	Oenotheraceae				❋
ماریتیغال	*Silybum marianum* L.	Asteraceae			❋	
مرزه	*Satureja hortensis* L.	Lamiaceae				❋
مریم‌گلی	*Salvia officinalis* L.	Lamiaceae	❋		❋	❋
نعناع	*Mentha spicata* L.	Lamiaceae	❋		❋	❋
نعناع فلفلی	*Mentha piperita*	Lamiaceae	❋		❋	❋
پونه‌سای گربه‌ای	*Nepeta cataria* L.	Lamiaceae				❋
همیشه بهار	*Calendula officinalis* L.	Asteraceae			❋	❋
مجموع Total	-	-	16	1	24	20

عنوان شده است تغییرات اقلیمی از عوامل اصلی تعیین کننده تنوع گونه‌ای و ژنتیکی در بوم‌نظام‌های زراعی هستند به طوری‌که

تأثیر تنوع اقلیمی بر تنوع گونه‌ای معمولاً مهم‌تر از سایر عوامل محیطی مانند تنوع خاک می‌باشد (Stocking, 2001). در این رابطه نصیری محلاتی و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2005) نیز بیشتر بودن تنوع گونه‌ای غلات در استان‌های فارس، اصفهان، خراسان و مازندران را به علت تنوع شرایط اقلیمی و به دنبال آن امکان کاشت انواع گونه‌های خانواده غلات بیان کردند. تغییر تنوع و غنای گونه‌ای بوم‌نظام‌های طبیعی در پاسخ به خصوصیات اقلیمی، در برخی مطالعات نیز به اثبات رسیده است (Wood & Lenne, 1999)، بنابراین می‌توان اظهار داشت که یکی از عوامل اصلی تعیین کننده میزان تنوع زیستی، شرایط جغرافیایی حاکم در منطقه می‌باشد.

سطح زیر کشت گونه‌های دارویی موجود در مناطق مورد مطالعه

پس از بررسی مساحت مزارعی که کشت گیاهان دارویی در آن‌ها صورت می‌گرفت، برای هر منطقه سطح زیر کشت کل گیاهان دارویی محاسبه و ثبت گردید (جدول ۴). در کل مناطق مورد بررسی در استان قزوین، سطح زیر کشت گونه‌های دارویی و معطر ۷۲/۳ هکتار ارزیابی شد که از این مقدار، سهم منطقه قزوین بیش از نیمی از سطح زیر کشت کل (۴۴/۵ هکتار) بود. در مقابل، منطقه آبیک کمترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داد. با توجه به این‌که سابقه کشت گیاهان دارویی در این استان از عمر درازی برخوردار نیست، می‌توان گفت آمار به دست آمده حاکی از آن است که این استان پتانسیل خوبی از نظر پرورش گونه‌های دارویی دارد. البته به یقین نمی‌توان سطح زیر کشت این مناطق را با برخی مناطق استان‌های دیگر همچون خراسان مقایسه کرد اما می‌توان امیدوار بود که با توجه به پتانسیل‌های موجود، در آینده کشت گونه‌های دارویی روندی صعودی داشته باشد تا برای تهیه فرآورده‌های خام گیاهی، نیازی به واردات این محصولات نباشد و حتی کشور ایران در صادرات این محصولات ارزشمند و ارزآوری اقتصادی، از جایگاه ویژه‌ای بهره‌مند گردد.

البته لازم به ذکر است به طور مسلم پایین بودن سطح زیر کشت گیاهان دارویی نه تنها در استان مورد مطالعه بلکه در کل کشور دلایل متعددی دارد از جمله این‌که هنوز بهره‌برداری از عرصه‌های طبیعی بزرگترین منبع تأمین کننده مواد خام گیاهان دارویی برای بازار مصرف است و از طرف دیگر به دلیل عدم توسعه مکانیزاسیون مربوط به گیاهان دارویی و محدودیت دانش فنی تولید بیشتر گیاهان دارویی در کشور، عدم تضمین بازار و عدم ریسک پذیری کشاورزان، سطح زیرکشت محدودی به این گونه‌های ارزشمند اختصاص داده شده است. در همین ارتباط در مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004a) درصد سطح زیر کشت گیاهان دارویی از کل سطح زیرکشت گیاهان زراعی کشور حدود ۰/۸۷ درصد گزارش شد که نیمی از آن به کشت دو محصول زعفران و زیره‌سبز اختصاص داشت.

بررسی برخی پارامترهای اجتماعی- اقتصادی

پس از بررسی و مطالعه اطلاعات ثبت شده در پرسش‌نامه‌ها، برخی پارامترهای اجتماعی- اقتصادی کشاورزان از جمله سابقه کشت گیاهان دارویی و درصد درآمد کشاورزان از بخش تولید گیاهان دارویی مورد ارزیابی قرار گرفت. هدف از گردآوری این اطلاعات از کشاورزان، بررسی تأثیرگذاری احتمالی آن‌ها بر روی ویژگی‌های تنوع زیستی کشاورزی گیاهان دارویی در مناطق مورد بررسی بود.

جدول ٤- سطح زیر کشت گیاهان دارویی در مناطق مورد مطالعه

Table 4- Cultivation area of medicinal plants in studied regions

مناطق Regions	سطح زیر کشت گیاهان دارویی (هکتار) Cultivation area of medicinal plants (ha)	گونه دارویی با بیشترین سطح زیر کشت Medicinal species with the highest cultivation area
تاکستان Takestan	14.3	زعفران Saffron
آبیک Abyek	4.6	زعفران Saffron
قزوین Qazvin	44.5	آویشن Thyme
الموت Alamut	8.9	گل گاوزبان Borago
مجموع Total	72.3	-

همچنین اطلاعات به دست آمده از پرسش‌نامه‌های مربوط به نوع کشت و پرورش و استفاده از نهاده‌های کشاورزی در تولید گیاهان دارویی، برای بررسی ارزیابی تنوع الگوهای تولید با توجه به نوع و میزان مصرف نهاده‌ها و نوع مدیریت تولید در بوم نظام‌های تولید گیاهان دارویی و معطر استفاده گردید.

اطلاعات مربوط به سابقه کشت گیاهان دارویی و درصد درآمد کشاورزان از بخش تولید گیاهان دارویی در مناطق مورد مطالعه در جدول ۵ نشان شده است که براساس آن مشخص شد کشاورزان منطقه الموت نسبت به سایر مناطق استان قزوین در زمینه کشت و پرورش گیاهان دارویی تجربه بیشتری دارند که دلیل این امر کشت گیاه گاوزبان (*Echium amoenum* Fisch.) از سال‌های بسیار دور در این منطقه بوده است. در رابطه با تاکستان که کمترین زمان را به خود اختصاص داده می‌توان ذکر کرد طبق بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردیده که در چندین سال اخیر کشت زعفران در این منطقه رایج شده و اکنون کشاورزان زیادی به کشت این محصول اقتصادی مشغول هستند.

نتایج حاصل از بررسی سهم درآمد کشاورزان از تولید گیاهان دارویی (جدول ۵) حاکی از آن است که منطقه آبیک از بیشترین سهم درآمد (۵۵/۷٪) برخوردار بود و لازم به ذکر است که کشاورزان این منطقه با کشت تنها یک گونه دارویی (زعفران) چنین سهم درآمدی را داشتند. در مجموع نیز باید در نظر گرفت میانگین کل سهم درآمدی از کشت گیاهان دارویی در استان قزوین قابل توجه است که نشان از تمایل کشاورزان و اقتصادی بودن کشت این گونه‌ها در این استان دارد.

از طرف دیگر، با توجه به روند تغییر اقلیم جهانی و تبعات ناشی از آن از جمله افزایش دما و وقوع خشکسالی‌های اخیر (IPGRI, 2002)، مسلماً ناگزیر به تغییر الگوی کشت در بعضی از مناطق کشاورزی کشور خواهیم بود که در این زمینه، به نظر می‌رسد که برخی گیاهان دارویی با توجه به خصوصیت نهاده‌پذیری کم و مقاومت به شرایط تنش در مقایسه با بیشتر گیاهان زراعی و باغی، قابلیت جایگزینی مناسبی در الگوهای کشت جدید خواهند داشت و از این طریق امکان توسعه سطح زیر کشت این گونه‌ها و کسب منبع درآمد جدید برای کشاورزان در کشور فراهم می‌شود که البته این امر منوط به شکل‌گیری زیرساخت‌های لازم در این زمینه است. در منابع دیگری نیز در این خصوص تاکید شده است (IPGRI, 2002).

میزان مصرف نهاده‌های خارجی در نظام‌های تولید گیاهان دارویی

همانگونه که در جدول ۶ نشان داده شده است که ۷۰/۷۵٪ نظام‌های کشاورزی مناطق مورد مطالعه بر پایه نظام کم‌نهاده استوار بوده که با توجه به ضرورت توسعه و اجرایی نمودن اصول عملیات کشاورزی مطلوب و پایدار در تولید گیاهان دارویی، این امر قابل توجه است.

جدول ۵- سابقه کشت و سهم درآمد کشاورزان از گیاهان دارویی در مناطق مورد مطالعه

Table 5- History of cultivation and the share of farmers income from medicinal plants in studied regions

مناطق Regions	میانگین سابقه کشت گیاهان دارویی (سال) The average history of cultivation of medicinal plants (year)	میانگین سهم درآمد از کشت گیاهان دارویی (درصد) The average share of income from medicinal plants (%)
تاکستان Takestan	7.1	40
آبیک Abyek	10.5	55.7
قزوین Qazvin	11.5	55
الموت Alamut	28.7	37.9
میانگین کل Total mean	14.4	47.1

بر اساس نتایج موجود، در این نظام‌های تولیدی هیچ‌گونه سموم و کودهای شیمیایی استفاده نشده بود و تنها منبع تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاه، کود حیوانی بوده است. با توجه به این‌که در تولید گیاهان دارویی، هدف طراحی نظام‌های زراعی کم‌نهاده (Tabrizi et al., 2011) و مطابق با اصول کشاورزی پایدار است، می‌توان از این حیث جایگاه مناطق مورد مطالعه را به نسبت مناسب ارزیابی نمود. در منابع به این نکته اشاره شده است که با توجه به لزوم حفظ و ارتقای کیفیت مواد مؤثره حاصل از گیاهان دارویی از یک طرف و همچنین تقاضای بازارهای جهانی برای گیاهان دارویی تولید شده در نظام‌های کشاورزی ارگانیک و کم‌نهاده، ضرورت تولید این گیاهان در نظام‌های پایدار و کم‌نهاده بیش از پیش احساس می‌شود (Tabrizi, 2007; IPGRI, 2002).

جدول ٦- بوم‌نظام‌های تولید گیاهان دارویی در مناطق مورد مطالعه از نظر میزان مصرف نهاده‌های خارجی

Table 6- Medicinal plants agroecosystems based on external inputs consumption in studied regions

مناطق Regions	بوم‌نظام‌های کشاورزی Agroecosystems	
	کم نهاده (درصد) Low input (%)	پرنهاده (درصد) High input (%)
تاکستان Takestan	58	42
آبیک Abyek	100	0
قزوین Qazvin	75	25
الموت Alamut	50	50
میانگین کل Total mean	70.75	29.25

شاخص‌های تنوع زیستی گونه‌های موجود در مناطق مورد مطالعه

در این پژوهش شاخص‌های غنای گونه‌ای، شانون- وینر، یکنواختی گونه‌ای و تشابه سورنسون با توجه به تعداد گیاهان دارویی مورد کشت و سطح زیر کشت هر گونه، برای هر یک از مزارع در مناطق مورد نظر محاسبه گردید و مقدار آن‌ها برای هر منطقه از طریق محاسبه میانگین به دست آمد که در جدول ۷ نشان داده شده است.

شاخص غنای گونه‌ای

شاخص غنای گونه‌ای نمایانگر تعداد گونه‌هایی است که در یک مزرعه یا منطقه کشت می‌شود. برای محاسبه این شاخص در ابتدا گونه‌هایی که در هر مزرعه کشت می‌شدند را به دست آورده و سپس تعداد کل گونه‌هایی که در هر منطقه مورد کشت قرار می‌گرفتند، محاسبه گردید. میزان این شاخص برای هر یک از مناطق، در جدول ۷ نشان داده شده است.

براساس نتایج موجود در جدول ۷، در بین چهار منطقه مورد مطالعه، منطقه قزوین از بیشترین غنای گونه‌ای (۲۴) و آبیک از کمترین میزان غنای گونه‌ای ۱ برخوردار بودند. در این ارتباط، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004a) مقدار متوسط غنای گونه‌ای گیاهان دارویی و معطر در بوم نظام‌های زراعی ایران را در ۲۷ استان کشور، ۲/۰۷ گزارش کردند (حدود ۵۶ گونه متعلق به ۲۸ خانواده). در مطالعه فراتحلیل تنوع زیستی کشاورزی ایران نیز تنوع گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور بسیار پایین گزارش شد (Koocheki et al., 2011) که در مقایسه با نتایج این پژوهش مشخص می‌شود که استان قزوین از غنای گونه‌ای بالایی در مقایسه با سایر استان‌های کشور برخوردار است که می‌تواند برگرفته از اقلیم‌های متفاوت این استان و توانایی کشت بسیاری از گونه‌های دارویی در این منطقه از کشور باشد.

شاخص شانون- وینر

در شاخص شانون- وینر مقدار تنوع گونه‌ها با توجه به سطح زیر کشت یا فراوانی هر گونه محاسبه شد. ابتدا این شاخص برای هر مزرعه در هر منطقه محاسبه گردید و سپس با به دست آوردن میانگین، مقدار این شاخص برای تمام مناطق محاسبه شد. در بین مناطق مورد مطالعه قزوین (۱/۱۷) بیشترین و آبیک (صفر) کمترین میزان این شاخص را به خود اختصاص دادند. مقدار میانگین شاخص شانون- وینر در کل مناطق مورد بررسی استان قزوین ۰/۴۷ به دست آمد (جدول ۷). این در حالی است که برای گونه‌های گیاهی تحت کشت در نظام‌های کشاورزی، مقدار شاخص شانون بین صفر تا سه اعلام شده است (Smale et al., 2003).

جدول ۷- مقدار شاخص‌های تنوع زیستی برای مناطق مورد مطالعه
Table 7- Values of biodiversity indices in studied regions

مناطق Regions	شاخص‌ها Indices		
	غنای گونه‌ای The average of species richness	شانون- وینر Shannon- Wiener	یکنواختی گونه‌ای Species evenness
تاکستان Takestan	16	0.40	0.25
آبیک Abyek	1	0	0
قزوین Qazvin	24	1.17	0.72
الموت Alamut	20	0.34	0.16
میانگین کل Total mean	-	0.47	0.28

در مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004a)، مقدار شاخص شانون در رابطه با گیاهان دارویی کشت شده در ۲۷ استان کشور نسبت به کل سطح زیرکشت محصولات زراعی ۰/۰۲ و نسبت به کل سطح زیرکشت گیاهان دارویی و معطر ۰/۶۴ گزارش شد که از مقدار به دست آمده در این پژوهش بیشتر است. پایین بودن شاخص شانون در منطقه آبیک و الموت نسبت به سایر مناطق مورد مطالعه نشان دهنده کم بودن تنوع گونه‌های دارویی در مزارع این مناطق و توزیع سطح زیر کشت گیاهان دارویی و معطر بین تعداد محدودی از گونه‌ها (زعفران در منطقه آبیک و گاوزبان در منطقه الموت) است. در مطالعه فراتحلیل تنوع زیستی کشاورزی ایران، شاخص شانون گیاهان دارویی در استان‌های خراسان رضوی (۰/۵۲)، آذربایجان شرقی (۰/۴۹)، خراسان جنوبی و فارس (۰/۴۸) گزارش شد و در مجموع میانگین شاخص شانون گونه های دارویی ۳۰ استان کشور ۰/۲۱ اعلام شد (Koocheki et al., 2011) که نسبت به سایر محصولات باغی و زراعی پایین می‌باشد. با توجه به این موارد به نظر می‌رسد علاوه بر عوامل اقلیمی و ادافیکی، محدودیت‌های موجود بر سر راه توسعهٔ سطح زیرکشت گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور و عدم ریسک‌پذیری کشاورزان به لحاظ ملاحظات اقتصادی، از دلایل عمده پایین بودن تنوع گونه‌های دارویی تحت کشت در کشور باشد. درحالی‌که کشت گیاهان دارویی در بوم‌نظام‌های کشاورزی علاوه بر تولید مواد خام گیاهی می تواند از بعد تنوع کارکردی، خدمات اکوسیستمی ارزنده‌ای را نیز به همراه داشته باشد.

شاخص یکنواختی گونه‌ای

این شاخص مقدار یکنواختی سطح زیر کشت گونه‌های کاشته شده در مزرعه یک کشاورز را بیان می‌کند. هر چه مقدار این شاخص کمتر باشد نشان دهنده تفاوت بین گونه‌های کاشته شده از نظر سطح زیر کشت و فراوانی می‌باشد و هر چه مقدار آن بالاتر باشد، مقدار یکنواختی بین گونه‌ها از نظر سطح زیر کشت بیشتر خواهد بود. مقدار این شاخص نیز با استفاده از معادله مربوطه برای تمام مزارع زیر کشت گیاهان دارویی محاسبه شد و سپس برای هر منطقه از میانگین آن استفاده گردید.

همان‌گونه که در جدول ۷ نشان داده شده است، مناطق مورد مطالعه از نظر این شاخص با یکدیگر تفاوت زیادی داشتند به طوری- که منطقه آبیک مانند شاخص‌های قبل کمترین مقدار یکنواختی (صفر) را نشان داد در مقابل قزوین با یکنواختی ۰/۷۲ از بیشترین مقدار این شاخص برخوردار بود. این نتایج نشان داد که در منطقه قزوین سطح زیر کشت گیاهان دارویی در بین تعداد گونه‌های مورد کشت توزیع یکنواخت‌تری دارد. بنابراین با توجه به غنای گونه‌ای و یکنواختی بالا در منطقه قزوین می‌توان بیان کرد که احتمالاً در این منطقه در رابطه با بسیاری از عوامل، شرایط مناسب‌تری برای کشت گیاهان دارویی وجود دارد که هم باعث افزایش تعداد گونه‌ها و هم یکنواختی بیشتر سطح زیر کشت آن‌ها گردیده است. بر اساس گزارش کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) در مطالعه فراتحلیل تنوع زیستی کشاورزی ایران، میانگین شاخص یکنواختی گونه‌ای

گیاهان دارویی تحت کشت در کشور ۰/۱۲ به دست آمد به طوری‌که استان لرستان از بیشترین شاخص یکنواختی گونه‌های دارویی (۰/۳۶) در بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور برخوردار بود.

شاخص تشابه سورنسون

به کمک شاخص تشابه سورنسون می‌توان تشابه گونه‌های موجود در مناطق مختلف را با یکدیگر مورد مقایسه قرار داد. هر چه مقدار این شاخص به یک نزدیکتر باشد شباهت بین دو منطقه نیز از نظر گونه‌های مورد کشت و کار بیشتر خواهد بود. طبق جدول ۸، کمترین شباهت از نظر گونه‌های دارویی مورد کشت و کار، در بین مناطق آبیک با قزوین و آبیک با الموت به دست آمد که میزان آن صفر بود. همچنین منطقه تاکستان با الموت بیشترین شباهت (۰/۶۱) را در بین تمامی مناطق به خود اختصاص دادند که یکی از دلایل آن می‌تواند میانگین دمای سالیانه تقریباً مشابه در این مناطق باشد که باعث ایجاد اقلیم‌های نسبتاً یکسانی شده است. با توجه به این‌که امکان یا عدم امکان کشت یک گونه گیاهی در هر منطقه متأثر از عوامل مختلف اقلیمی، ادافیکی و فیزیوگرافی موجود در آن منطقه است در نتیجه به نظر می‌رسد تشابه این عوامل در مناطق مختلف، امکان کشت گونه‌های مشابه را در این مناطق فراهم می‌کند.

میزان شاخص تشابه سورنسون در بین مناطق قزوین با تاکستان و قزوین با الموت، یکسان (۰/۵۳) به دست آمد. نکته جالب توجه در اینجاست که از نظر شرایط آب و هوایی می‌توان گفت که مناطق قزوین و تاکستان به یکدیگر شباهت دارند اما بین مناطق قزوین و الموت تفاوت‌های زیادی از نظر پارامترهای اقلیمی و جغرافیایی وجود دارد. البته شاید وجود ایستگاه تحقیقات گیاهان دارویی الموت این شباهت را قابل توجیه کند چون در این منطقه تعداد گونه‌های دارویی زیادی جهت تحقیقات کشت و کار می‌شود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که حدود ۷۰٪ از نظام‌های کشاورزی تحت کشت گیاهان دارویی در مناطق مورد مطالعه استان قزوین، بر پایه نظام کشاورزی کم‌نهاده استوار بودند. همچنین شاخص‌های محاسبه شده تنوع زیستی کشاورزی در حد قابل قبول ارزیابی شد که نشان از وضعیت به نسبت مطلوب کشت گیاهان دارویی در استان قزوین دارد. تقریباً در بیشتر پارامترهای ارزیابی شده منطقه قزوین نسبت به سایر مناطق مورد بررسی، برتری نشان داد که شاید از مهمترین عوامل ایجاد کننده این تمایز بتوان به وجود صنایع تبدیلی گیاهان دارویی در این منطقه اشاره کرد که به دلیل تولید محصولات دارویی اقدام به کشت و پرورش گونه‌های دارویی زیادی در سطوح وسیع کرده تا بتواند فرآورده‌های خام مورد نیاز را تأمین نماید. البته فاکتورهای اقلیمی مهمی همچون درجه حرارت، میزان بارندگی و ساعات آفتابی که برگرفته از عرض جغرافیایی و ارتفاع منطقه می‌باشد نیز شرایط آب و هوایی مناسبی را برای کشت گونه‌های دارویی در این منطقه ایجاد کرده است.

جدول ۸- مقادیر مربوط به شاخص تشابه سورنسون بین مناطق مورد مطالعه

Table 8- Values of Sorenson similarity index in studied regions

مناطق Regions	تاکستان Takestan	آبیک Abyek	قزوین Qazvin	الموت Alamut
تاکستان Takestan	1			
آبیک Abyek	0.11	1		
قزوین Qazvin	0.53	0	1	
الموت Alamut	0.61	0	0.53	1

سپاسگزاری

بدین وسیله از مجتمع صنایع دینه ایران به دلیل همکاری جهت تکمیل اطلاعات مورد نیاز این پژوهش، قدردانی و تشکر می‌شود.

منابع

Brookfield, H., and Stocking, M. 1999. Agrodiversity: definition, description and design. Global Environmental Change 9: 77-80.

Center of Information Technology and Communication of Ministry of Jihad-e- Agricultre (CITCMAJ). 2013.

Agricultural statistic database. Vol. 2. Ministry of Jihad-e- Agriculture Pub. Available at Web site http://www.maj.ir (In Persian)

Chao, A., Chazdon, R.L., Colwell, R.K., and Shen, T.J. 2006. Abundance-based similarity indices and their estimation when there are unseen species in samples. Biometrics 62: 361-371.

Connor, D.J. 2001. Optimizing crop diversification. In: J. Nosberger, H.H. Geiger and P.C. Struik (eds.). Crop Science: Progress and Prospects. CABI International, Oxford, UK. p. 191-211.

Ghalegolab Behbahani, A., Khoshbakht, K., Davari, A., Tabrizi, L., Veisi, H., and Alipour, A. 2012. Assessing the effect of Socio-economic factors on Agrobiodiversity in homegardens of Jajrood and Jamabrood in Tehran province (Iran). Advances in Environmental Biology 6: 1708-1715.

IPGRI. 2002. Neglected and Underutilized Plant Species: Strategic Action Plan of the International Plant Genetic Resources Institute. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Iran Metrological Organization. 2012. Weather organization of Qazvin. Available at Web site www.qazvinmet.ir (In Persian)

Jackson, L.E., Pascual, U., and Hodgkin, T. 2007a. Utilizing and conserving agrobiodiversity in agricultural landscapes. Agriculture, Ecosystems and Environment 121: 196-210.

Jakson, L.E., Pascual, U., Brussaard, L., de Ruiter, P., and Bawa, K.S. 2007b. Preface: Biodiversity in agricultural landscapes: Investing without losing interest. Agriculture, Ecosystems and Environment 121: 193-195.

Khoshbakht, K., Tabrizi, L., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Contribution of local agricultural systems in conservation of plant genetic resources in central Alborz region/Iran. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics 92: 153-162.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Najafi, F. 2004a. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 208-216. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Asgharipoor, M., and Khodashenas, A. (2004b). Biodiversity of fruits and vegetables in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 79-87. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi R., and Alizadeh, Y. 2011. Meta analysis of agrobiodiversity in Iran. Journal of Agroecology 1: 1-16. (In Persian with English Summary)

Magurran, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Croom Helm Publisher, London.

Moonen, A.C., and Barberi, P. 2008. Functional biodiversity: An agroecosystem approach. Agriculture, Ecosystems and Environment 127: 7-21.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop species in Iran. Dessert 10:33-50. (In Persian with English Summary)

Sharma, P., and Mishra, N.K. 2009. Ethno-medicinal uses and agrobiodiversity of Barmana region in Bilaspur District of Himachal Pradesh, Northwestern Himalaya. Ethnobotanical Leaflets 13: 709-21.

Smale, M., Meng, E., Brennan, J.P., and Hu, R. 2003. Determinats of spatial diversity in modern wheat: examples from Australia and China. Agricultural Economics 28: 13-26.

Stocking, M. 2001. Agrodiversity: a positive means of addressing land degradation and sustainable rural livelihoods. In: A.J. Conacher (Eds.). Land Degradation. Kluwer, Dordrecht, Netherlands.

Tabrizi, L. 2007. Ecological characteristics of Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov.) in natural habitats and evaluation of possibility for domestication under low input cropping systems. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Tabrizi, L., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Bannayan, M. 2011. Effect of irrigation and organic manure on Khorasan thyme (*Thymus transcaspicus* Klokov.). Archives of Agronomy and Soil Science 57: 317-326.

Thrupp, L.A. 2004. The importance of biodiversity in agroecosystems. Journal of Crop Improvement 12: 315-337.

Turner, R.K., Paavola, J., Cooper, P., Farber, S., Jessamy, V., and Georgiou, S. 2003. Valuing nature: Lessons learned and future research directions. Ecological Economics 46: 493-510.

Wood, D., and Lenne, J.M. 1999. Agrobiodiversity: characterization, utilization and management. CABI Publishing.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۹۰۴-۸۹۱

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 891-904

بررسی و تعیین مقدار عناصر کم‌مصرف (منگنز، آهن و روی) و عناصر سنگین (کبالت، کادمیم و کروم) موجود در خاک مزارع زعفران (*Crocus sativus* L.) استان خراسان جنوبی

محمدعلی بهدانی[1*]، محمدحسن سیاری[2]، علی اله رسانی[3] و علیرضا نخعی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۱۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۲۹

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی غلظت عناصر کم مصرف و سنگین خاک در چند منطقه کاشت زعفران در شهرستان بیرجند استان خراسان جنوبی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. تیمارها شامل سه سن یک، سه و پنج ساله مزرعه و پنج منطقه کاشت زعفران شامل آرین شهر، حسین آباد، خوسف، گل فریز و مهموئی در بیرجند بودند. غلظت عناصر کم مصرف و سنگین شامل آهن، روی، منگنز کبالت، کروم و کادمیوم خاک اندازه‌گیری و تعیین شدند. نتایج نشان داد که غلظت عناصر آهن، روی و منگنز و کروم خاک مزارع زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر سن مزرعه قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۵). اثر منطقه کاشت بر غلظت عناصر آهن، روی، منگنز، کبالت و کروم خاک معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۱). اثر متقابل سن مزرعه و منطقه کاشت بر غلظت آهن، روی و کبالت خاک معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود. با افزایش سن مزرعه زعفران، غلظت روی کاهش و غلظت عناصر سنگین شامل کبالت، کروم و کادمیوم افزایش یافت. میزان منگنز در مزارع پنج ساله به ترتیب ۲۹ و ۳۴ درصد بیشتر از مزارع یک و سه ساله بود. میزان کبالت در مزارع پنج ساله به ترتیب برابر با ۵۳ و ۴۶ بیشتر از مزارع یک ساله و سه ساله بود. مزارع خوسف و حسین‌آباد به ترتیب با ۱/۶۵ و ۰/۷۷ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت آهن در خاک بودند. مزارع یک ساله خوسف و مهمویی با ۲/۴۳۶ و ۰/۷۷ پی‌پی‌ام به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار آهن بودند. مزارع حسین‌آباد و خوسف به ترتیب با ۸/۷ و ۴/۳۱ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین میزان کبالت در خاک بودند. بدین ترتیب، توصیه می‌شود از روش‌های مدیریت اکولوژیک نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و کاربرد مقادیر مناسب کودهای آلی برای کاهش غلظت این عناصر در مزارع زعفران بهره‌گیری شود.

واژه‌های کلیدی: عنصر سنگین، عنصر کم‌مصرف، کود آلی، محیط زیست، مدیریت اکولوژیک

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. گیاهی پایا از خانواده زنبق می‌باشد و در مناطق بسیار کم‌باران ایران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند، گسترش دارد. این گیاه به عنوان یکی از گونه‌های گران‌قیمت ادویه‌ای مطرح بوده و کاربردهای فراوانی در صنایع دارویی و غذایی دارد (Gresta et al., 2008). ارزش زعفران به علت وجود سه متابولیت ثانویه اصلی و مشتقات آن در کلاله شامل کروسین، پیکروکروسین و سافرانال می‌باشد (Hosseinzadeh & Younesi, 2002). کابالرو-ارتگا و همکاران (Caballero-Ortega et al., 2000) اظهار داشتند که زعفران ایران دارای بیشترین غلظت کروسین، پیکروکروسین و سافرانال می‌باشد. ایران بزرگترین تولیدکننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۵ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2002). استان‌های خراسان رضوی و جنوبی، دو قطب عمده تولید زعفران در کشور محسوب می‌شوند (Mollafilabi & Shoorideh, 2009). سطح زیر کشت این گیاه در ایران در سال ۱۳۹۰ بالغ بر ۷۲۱۶۲ هکتار بود که بیش از ۷۰۰۰۰ هکتار آن به دو استان خراسان رضوی و جنوبی (۵۷۰۰۰ هکتار برای خراسان رضوی و ۱۳۰۰۰ هکتار برای خراسان جنوبی)

۱، ۲ و ۳- دانشیار گروه پژوهشی زعفران دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند و کارشناس شیمی دانشکده علوم دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

اختصاص داشت (Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi, 2012).

از آنجا که گیاهان برای رشد مناسب خود نیاز به تعدادی از عناصر غذایی دارند، همواره کمبود عناصر غذایی خاک از طریق مصرف کودهای مختلف جبران می‌شود. بررسی‌ها نشان داده است که افزایش رشد و بهبود عملکرد محصولات کشاورزی طی ۵۰ سال گذشته عمدتاً بدلیل کاربرد کودهای شیمیایی بوده است. با این‌وجود، مصرف نهاده‌های شیمیایی اگرچه افزایش رشد و به تبع آن بهبود عملکرد را موجب شده است، ولی کاهش تولید پایدار محصولات کشاورزی سالم و بروز مشکلات زیست‌محیطی را به دنبال داشته است (Sharma, 2002). نتایج مطالعات ژان و همکاران (Jhan et al., 2005) نیز نشان داده است که مصرف زیاد کودهای شیمیایی علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، بروز مشکلات زیست‌محیطی فراوانی نظیر افزایش سطح نیترات خاک و آب‌های زیرزمینی، انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای نظیر اکسید نیتروژن و آمونیاک و افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک را موجب شده است. علاوه بر این، برخی شواهد مبتنی بر افزایش بروز مشکلات زیست‌محیطی مرتبط با مصرف انواع مواد شیمیایی کشاورزی و به ویژه کودها و عناصر سنگین در بوم‌نظام‌های زراعی وجود دارد که ناشی از ورود عناصر سمی به زنجیره‌های غذایی می‌باشد (Pingali & Roger, 1995; Rola & Pingali, 1993) که این امر نیز مشکلات زیست‌محیطی زیادی را ایجاد خواهد نمود.

فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین و شناخته شده‌ترین آلاینده‌ها هستند که ورود آن‌ها به محیط زیست سبب بروز صدمات و بیماری‌های مختلفی می‌شود. این عناصر در غلظت‌های مشخصی سمی و برای برخی موجودات زنده از جمله انسان مضر می‌باشند (Blake et al., 2001). پویایی این فلزات در خاک کم بوده و به لایه‌های زیرین خاک انتقال نمی‌یابند (Wong et al., 2002). فلزات سنگین برخلاف آلوده‌کننده‌های آلی تغییرناپذیر، غیر قابل تجزیه و پایدار در خاک هستند (Adriano et al., 2004). تغییرات مکانی این عناصر فلزات در خاک‌های سطحی کشاورزی ممکن است تحت تأثیر مواد مادری خاک و منابع انسانی باشد. به عبارت دیگر، این فلزات به طور طبیعی در خاک وجود دارند، اما در اثر فعالیت‌های انسانی هم به خاک افزوده می‌شوند (Adriano et al., 2004). در بسیاری از مناطق، ورودی عناصر سنگین با دخالت انسان به خاک، بسیار بیشتر از ورودی آن‌ها به طور طبیعی است (Liu et al., 2005). فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از کودهای شیمیایی، کمپوست زباله شهری، لجن فاضلاب و فعالیت‌های شهری و صنعتی از مهمترین منابع غیرطبیعی ورود فلزات سنگین به خاک به شمار می‌روند (Doelsch et al., 2006). افزودن کودهای آلی نظیر لجن فاضلاب و کمپوست شهری به دلیل دارا بودن مقدار بسیار زیادی فلزات سنگین باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌گردد. در همین راستا، شهبازی و همکاران (Shahbazi et al., 2012) اظهار داشتند که فعالیت‌های کشاورزی و استفاده زیاد از کودهای شیمیایی در مزارع باعث افزایش غلظت عناصر سنگین شده است. آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی ممکن است منجر به بی‌نظمی در ساختار خاک، دخالت در رشد گیاه و حتی آسیب به سلامت انسان از طریق ورود به زنجیره غذایی گردد (Lee et al., 2006). لیو و همکاران (Liu et al., 2005) با بررسی شاخص بار آلودگی کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب بیان داشتند که غلظت این فلزات در مقایسه با سطوح اولیه آن‌ها افزایش یافته است که این امر آلودگی آن‌ها را طی ۲۰ سال گذشته موجب گردیده است.

گیاهان بخش مهمی از زنجیره غذایی هستند و جذب عناصر سنگین توسط آن‌ها و تجمع این عناصر علاوه بر این‌که اثرات زیان‌باری را برای گیاهان به همراه دارد، موجب بروز انواع بیماری‌ها و مسمومیت برای انسان و دیگر موجودات می‌شود (Larbi et al., 2003). نتایج مطالعه بوداغی و همکاران (Boudaghi et al., 2012) نشان داد که بیشترین غلظت فلزات سنگین در کود سوپرفسفات تریپل در مقایسه با دو کود اوره و سولفات پتاسیم وجود داشت. بررسی وضعیت فلزات سنگین خاک‌های بخش‌هایی از شمال چین مؤید این مطلب است که تجمع فلزات سنگین از جمله مس، روی و کادمیوم بیش از حد مجاز بود که این محققان علت آن را به استفاده درازمدت و بیش از اندازه کودهای شیمیایی و آلی به ویژه فاضلاب‌های صنعتی مرتبط دانستند (Huang & Jin, 2008). به طور کلی، ویژگی‌های خاک از قبیل مقدار ماده آلی، نوع رس، واکنش اکسیداسیون و احیا، مقدار کلرید، اسیدیته و شوری خاک، گونه‌های گیاهی وکودها به عنوان فاکتورهای اصلی مؤثر بر غلظت فلزات سنگین در نظر گرفته می‌شوند (Weggler-Beaton et al., 2000; Laing et al., 2008; Zhong-qiu et al., 2004).

اگرچه عناصر کم مصرف شامل آهن، مس، روی، منگنز، بور و مولیبدن، در مقادیر بسیار کم مورد نیاز گیاه می‌باشند، ولی این عناصر

بیشتر در فعل و انفعالات آنزیمی داخل گیاه دخالت دارند و از اجزای اصلی آنزیم‌های فتوسنتزی، مؤثر در انتقال انرژی در سلول‌های گیاهی و سنتز ترکیبات ضروری محسوب می‌شوند (Kabala & Singh, 2001). عناصر مذکور با وجود این‌که از طریق مصرف کودهای مختلف مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرند، اما مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها گاهی منجر به مسمومیت برخی گیاهان می‌شود (Bhogal et al., 2003). نتایج مطالعه عناصر ریزمغذی در خاک‌های زیر کشت و بدون کشت زعفران نشان داد که بین عناصر کم‌مصرف در خاک بکر با خاک زیر کشت تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، هر چند غلظت بور بسیار بالا و در حد سمیت گزارش گردید (Rios et al., 1996). ریوس و همکاران (Rios et al., 1996) با بررسی روابط بین عناصر موجود در ۲۰ نوع خاک و میزان سه آلکالوئیدهای بنه زعفران بیان کردند که بین ویژگی‌های خاک و نوع آلکالوئید ارتباط معنی‌داری وجود داشت (Ibhadon et al., 2004).

یکی از مهمترین مباحث در جنبه‌های مطالعات زیست‌محیطی تعیین غلظت عناصر کم‌مصرف و سنگین در خاک است (Eby, 2005). غلظت عناصر کم‌مصرف نظیر آهن و منگنز به عنوان مهمترین کلوئیدهای کنترل‌کننده تحرک فلزات سنگین در خاک حائز اهمیت بوده (Eby, 2005) و همچنین میزان و غلظت فلزات سنگین در خاک معیاری جهت اندازه‌گیری آلودگی مطرح می‌باشد (Tessier & Campbell, 1979; Petit & Rucandio, 1999; Ebdon et al., 2001). بدین ترتیب، با توجه به روش‌های مختلف مدیریت‌بوم-نظام‌های زعفران از طریق مصرف انواع نهاده‌ها به منظور حفظ و بهبود حاصلخیزی خاک و احتمال ورود عناصر کم‌مصرف و سنگین به سطوح مختلف زنجیره غذایی (Taghipour et al., 2010) و در نتیجه بکارگیری راهکارهای مدیریت اکولوژیک برای کاهش غلظت این عناصر در خاک و جلوگیری از ورود آن‌ها به سطوح تغذیه‌ای بالاتر به منظور کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، این مطالعه با هدف ارزیابی و تعیین غلظت عناصر کم مصرف شامل منگنز، آهن و روی و سنگین شامل کبالت، کادمیوم و کروم در مراکز اصلی زعفران-کاری در شهرستان بیرجند به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مراکز اصلی زعفران کاری چند شهر استان بیرجند شامل شمس آباد، حسین آباد، خوسف، گل، فریز و مهموئی که بر اساس آمار سازمان جهاد کشاورزی استان دارای بالاترین تولید و سطح زیر کشت زعفران را دارا هستند، در سال ۱۳۹۲ انجام شد (جدول ۱).

از آنجا که دوره بهره‌برداری اقتصادی از مزارع زعفران به طور میانگین پنج سال می‌باشد (Behdani et al., 2005)، لذا نمونه-برداری‌ها از سه گروه مزارع یک، سه و پنج ساله انجام شد.

جدول ۱- مختصات جغرافیایی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical coordinates of the study regions

نام شهر/روستا Name of town/ village	طول جغرافیایی Longitude		عرض جغرافیایی Latitude		ارتفاع از سطح دریا (متر) Altitude (m)
	دقیقه Minute	درجه Degree	دقیقه Minute	درجه Degree	
آرین شهر Aryan shahr	09	59	87	32	1491
حسین‌آباد Hosseinabad	12	59	87	32	1491
خوسف Khosef	89	58	87	32	1570
گل فریز Golfriz	16	59	69	32	1755
مهموئی Mahmoei	34	59	33	33	1755

سه نمونه به طور تصادفی از قسمت‌های مختلف مزارع شهرستان‌های مختل پس از پایان مرحله گلدهی زعفران از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند منتقل گردید. نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوای آزاد، از الک دو میلی‌متری عبور داده و سپس برای اندازه-گیری شاخص‌های مورد مطالعه آماده شدند.

از روش عصاره‌گیری DTPA-TEA برای عصاره‌گیری و اندازه-گیری عناصر استفاده (Lindsay & Norvell, 1978). عناصر مورد نظر در عصاره‌های بدست آمده با دستگاه جذب اتمی (Shimadzu AA-670) اندازه‌گیری و تعیین گردیدند. داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار Mstat-C به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار تجزیه و تحلیل شدند. بمنظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سن مزرعه و نوع منطقه بر غلظت عناصر کم مصرف خاک

آهن: نتایج تجزیه واریانس غلظت عناصر سنگین و کم‌مصرف در خاک‌های مزارع چند ساله زعفران در جدول ۲ نشان داده شده است.

غلظت آهن به طور معنی‌داری تحت تأثیر سن مزرعه قرار گرفت ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲). غلظت آهن در مزارع یک ساله به طور معنی‌داری بیشتر از مزارع سه ساله بود. اگرچه مقدار آهن خاک در مزارع پنج ساله زعفران در مقایسه با مزارع سه ساله ۲۶ درصد بالاتر بود، ولی تفاوت معنی‌داری با غلظت آهن خاک در مزارع یک ساله زعفران نداشت (شکل ۱- الف).

نوع منطقه غلظت آهن خاک مزارع مناطق مختلف زعفران را در شهرستان‌های مختلف استان بیرجند به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۱) (جدول ۲)؛ به طوری‌که مزارع شهر خوسف و حسین‌آباد به ترتیب با ۱/۶۵ و ۰/۷۷ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت آهن بودند. هر چند مزارع مهمویی و آرین شهر از این نظر تفاوت معنی‌داری با حسین‌آباد نداشتند. مزارع زعفران گل فریز (۱/۱۲ پی‌پی‌ام) از این نظر در رتبه دوم قرار داشتند (شکل ۱-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و منطقه کاشت بر غلظت آهن خاک در مزارع زعفران معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین غلظت آهن در مزارع با سنین مختلف شهرستان‌های استان بیرجند بیانگر آن بود که مزارع یک ساله خوسف و مهمویی با ۲/۴۳۶ و ۰/۷۷ پی‌پی‌ام به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار آهن بودند؛ به طور کلی، مزارع یک ساله با میانگین ۱/۱۹۶ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و مزارع سه ساله با ۰/۸۷۵ پی‌پی‌ام دارای کمترین غلظت آهن بودند.

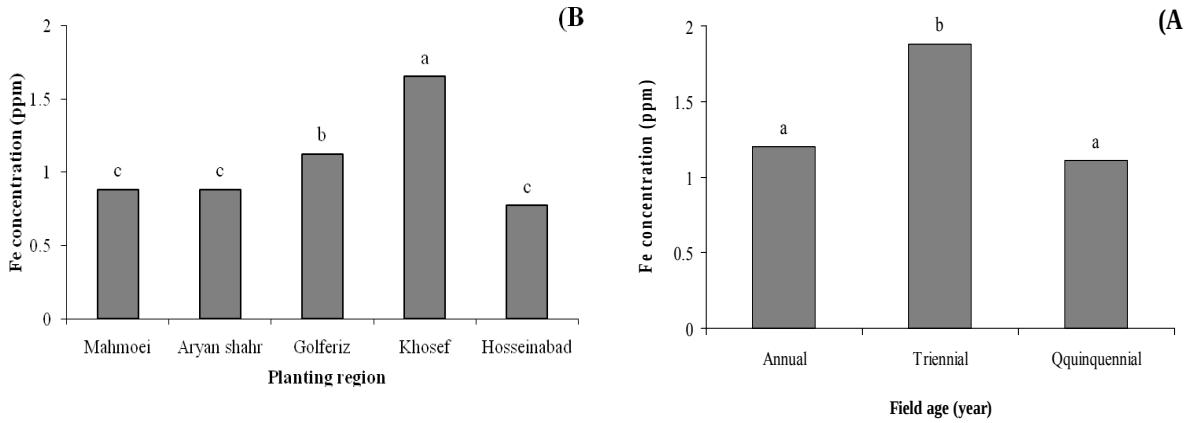
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر سنگین و کم‌مصرف خاک در مزارع زعفران

Table 2- Variance analysis (mean of squares) for concentrations of soil heavy metal and micro nutrient elements in saffron fields

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عنصر کم‌مصرف Concentration of micro nutrient element			عنصر سنگین Concentration of heavy metal		
		آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	کبالت Co	کروم Cr	کادمیوم Cd
سن مزرعه (A) Field age (A)	2	0.416**	0.038**	0.445*	29.691**	12.497 ns	0.0026 ns
منطقه کاشت (R) Planting region (R)	4	1.118**	0.302**	0.423**	31.664**	34.820**	0.0031 ns
A×R	8	0.673**	0.133**	0.180 ns	15.395**	6.491 ns	0.0044 ns
خطا Error	30	0.026	0.003	0.091	1.049	6.097	0.0042

ns، * و **: به ترتیب نشان‌دهنده غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد می‌باشد.

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



شکل ۱- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه کاشت (ب) بر غلظت آهن خاک مزرعه زعفران

Fig. 1- Effects of field age(A) and planting planting region (B) on Fe concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

مزارع پنج ساله از این نظر در مرتبه دوم قرار داشتند. همچنین، بدون در نظر گرفتن نوع منطقه با افزایش سن مزرعه از یک به سه و پنج سال، غلظت آهن خاک به ترتیب ۲۷ و ۶۵ درصد کاهش یافت. بالاترین غلظت آهن خاک در مزارع یک، سه و پنج ساله به ترتیب مربوط به مناطق آرین شهر (۱/۲۵ پی‌پی‌ام)، خوسف (۱/۴۶ پی‌پی‌ام) و مهمویی (۱/۳۹ پی‌پی‌ام) بود (جدول ۳).

از آنجا که زعفران به لحاظ فیزیولوژیکی بر اساس تکثیر بنه‌های مادری در خاک توسعه می‌یابد و اصولاً بنه‌های جدید دختری روی بنه مادری تشکیل می‌شوند (Kafi et al., 2002)، لذا هر ساله بنه‌ها به سطح خاک نزدیک‌تر می‌شوند که در نتیجه به جهت جلوگیری از وارد شدن هر نوع آسیبی از نظر گرما و سرما به بنه‌ها، کشاورزان معمولاً اقدام به خاک‌دهی مزارع و همچنین مصرف مقادیر مختلف کود دامی می‌نمایند که این کار معمولاً در مزارع با سنین بالاتر انجام می‌شود. بدین ترتیب، کاهش میزان آهن در خاک‌های سه ساله احتمالاً به دلیل مصرف این عنصر توسط گیاه بوده که در مزارع با سنین بالاتر به علت خاک‌دهی و کودپاشی، غلظت این عنصر مجدداً افزایش یافته است. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که مصرف کودهای دامی به منظور بهبود حاصلخیزی خاک و همچنین ایجاد پوشش روی سطح بنه‌ها باعث افزایش محتوی آهن شده است. مواد آلی اثرات متفاوتی بر تحرک و قابلیت دسترسی عناصر سنگین در خاک دارند که این امر عمدتاً بستگی به حلالیت مواد آلی دارد (Havlin et al., 1999). هالوین و همکاران (Havlin et al., 1999) بیان داشتند که تحرک و قابلیت دسترسی به عناصر کم‌مصرف نظیر آهن به دلیل تشکیل کمپلکس‌های پایدار با ترکیبات آلی نامحلول کاهش یافت. ژو و وانگ (Zhou & Wang, 2001) دریافتند که افزودن مواد آلی محلول، ظرفیت جذب آهن بر کلوئیدهای خاک را کاهش و قابلیت محلولیت این عنصر را به ویژه در خاک‌های آهکی افزایش داد. والکر و همکاران (Walkar et al., 2003) گزارش نمودند که کاربرد کود گاوی باعث افزایش غلظت آهن گردید. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که به منظور کاهش غلظت این عنصر کم‌مصرف در خاک‌های مزارع مختلف زعفران در راستای مدیریت اکولوژیک محیط زیست، بایستی علاوه بر در نظر گرفتن نوع کود و شرایط تولید آن، مقادیر این عناصر در کودهای دامی نیز قبل از استفاده در خاک از طریق آنالیز خصوصیات شیمیایی تعیین شود.

روی: سن مزرعه اثر معنی‌داری بر میزان روی خاک مزارع زعفران داشت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). مقایسه غلظت روی مزارع یک، سه و پنج ساله بیانگر آن بود که میزان روی خاک در مزارع یک ساله به طور معنی‌داری بیشتر از مزارع سه ساله و پنج ساله بود، البته بین مزارع سه و پنج ساله از این نظر تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. غلظت روی در خاک مزارع سه ساله و پنج ساله ۲۳ درصد پایین‌تر از غلظت این عنصر در مزارع یک ساله بود (شکل ۲- الف).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سن مزرعه و منطقه کاشت بر غلظت عناصر کم‌مصرف و سنگین خاک در مزارع زعفران

Table 3- Mean comparisons of interaction between field age and planting region on concentrations of soil micro and heavy metal elements on saffron fields

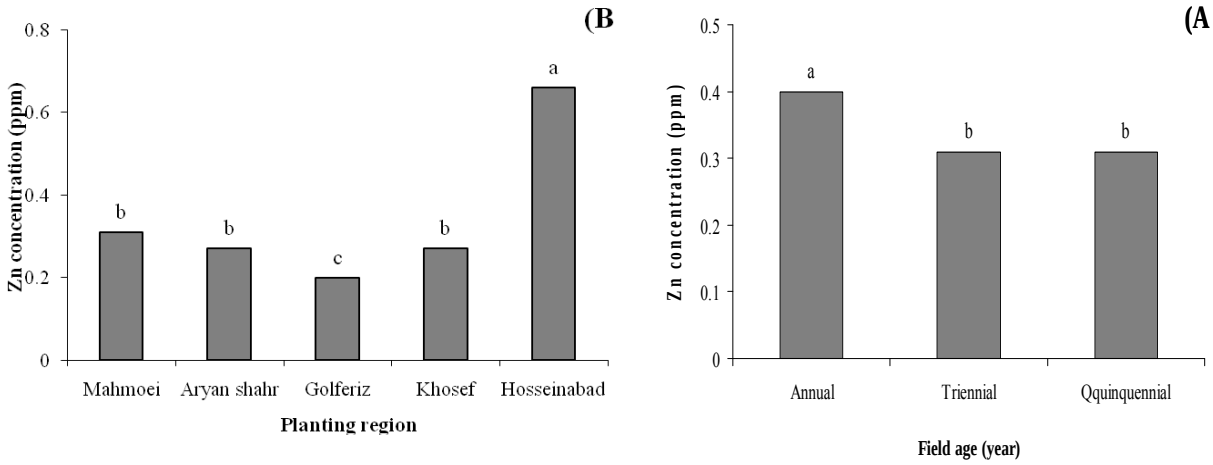
سن مزرعه (سال) Field age (year)	منطقه کاشت Planting region	غلظت عنصر کم مصرف (ppm) Concentration of micro nutrient element concentration (ppm)				غلظت عنصر سنگین (ppm) Concentration of heavy metal element concentration (ppm)		
		آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	کبالت Co	کروم Cr	کادمیوم Cd
یک The first	مهموئی Mahmoei	0.576 h*	0.201 fg	0.863 cd	5.65 de	12.45 bcd	0.02 b
	آرین شهر Aryan shahr	1.246 cd	0.234 efg	1.075 bc	3.68 fg	12.89 bcd	0.02 b
	گل فریز Golfriz	0.757 efgh	0.206 efg	0.999 bcd	4.67 defg	11.31 cd	0.02 b
	خوسف Khosef	2.436 a	0.224 efg	1.173 abc	3.88 efg	15.35 abcd	0.02 b
	حسین‌آباد Hosseinabad	0.969 defg	1.137 a	0.800 cd	6.25 cd	13.28 bcd	0.02 b
سه The third	مهموئی Mahmoei	0.679 gh	0.306 def	1.052 bcd	3.09 efg	11.13 cd	0.08 ab
	آرین شهر Aryan shahr	0.604 h	0.297 def	0.849 cd	5.52 def	10.54 d	0.02 b
	گل فریز Golfriz	0.983 def	0.172 g	0.477 d	1.41 h	14.91 abcd	0.023 b
	خوسف Khosef	1.463 bc	0.284 def	1.303 abc	3.08 gh	16.81 ab	0.02 b
	حسین‌آباد Hosseinabad	0.647 h	0.504 b	1.004 bcd	11.47 a	15.90 abc	0.043 ab
پنج The fifth	مهموئی Mahmoei	1.394 bc	0.411 c	1.565 ab	10.20 a	14.63 abcd	0.02 b
	آرین شهر Aryan shahr	0.792 efgh	0.271 defg	0.931 cd	4.65 defg	11.32 cd	0.02 b
	گل فریز Golfriz	1.069 b	0.225 efg	1.250 abc	7.68 bc	14.27 abcd	0.15 a
	خوسف Khosef	1.053 de	0.314 de	1.701 a	5.98 cd	18.37 a	0.02 b
	حسین‌آباد Hosseinabad	0.709 fgh	0.347 cd	0.829 cd	8.37 b	15.71 abc	0.02 b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different based on Duncan's test (p≤0.05).

غلظت روی خاک مزارع زعفران در شهرستان‌های مختلف بیرجند به طور معنی‌داری تحت تأثیر منطقه کاشت قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲)؛ به طوری‌که مزارع زعفران حسین‌آباد و گل فریز به ترتیب با ۰/۶۶ و ۰/۲ پی‌پی‌ام بیشترین و کمترین غلظت روی خاک را به خود اختصاص دادند و بین مزارع مهمویی و آرین شهر و خوسف از این نظر اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۲-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و منطقه بر غلظت روی خاک در مزارع زعفران معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌های مربوط به غلظت روی در مناطق و مزارع با سنین متفاوت، بیانگر آن بود که مزارع زعفران یک ساله حسین‌آباد و سه ساله گل فریز به ترتیب با ۱/۱۳۷ و ۰/۱۷۲ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت روی بودند.



شکل ۲- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه کاشت (ب) بر غلظت روی خاک مزرعه زعفران

Fig. 2- Effects of field age(A) and planting region (B) on Zn concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

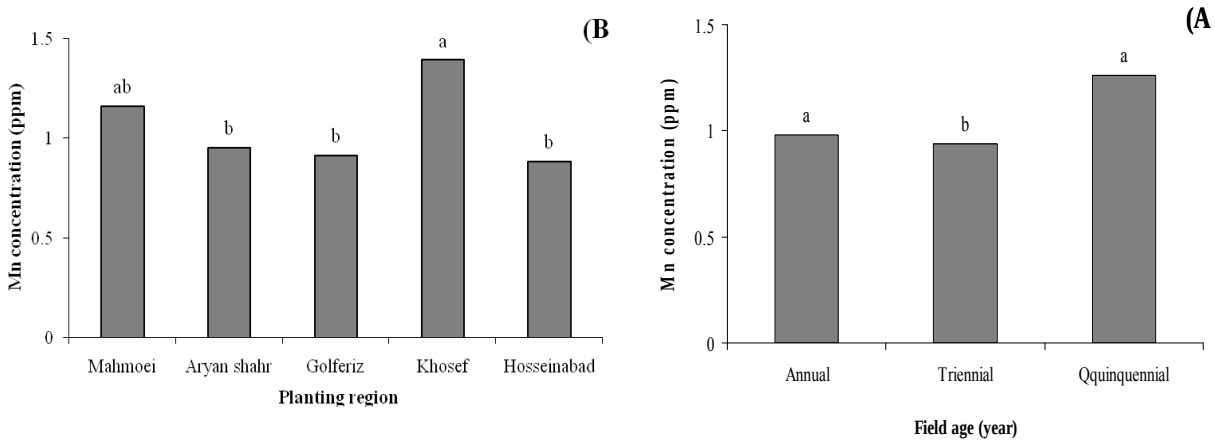
مقایسه میانگین مقادیر غلظت روی خاک در مزارع با سنین مختلف در مناطق مختلف کاشت این گیاه در استان بیرجند بیانگر آن بود که مناطق حسین‌آباد و گل فریز به ترتیب با ۰/۶۶۲ و ۰/۲۰۱ پی-پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت روی بودند (جدول ۳).

این موضوع نشان می‌دهد که غلظت روی در خاک منطقه حسین‌آباد تقریباً سه برابر گل فریز می‌باشد. بدین ترتیب، به منظور کاهش غلظت این عنصر در راستای کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، توجه به سلامت اجزای زنده بوم‌نظام و حفظ تنوع زیستی بهره‌گیری از مدیریت اکولوژیک امری لازم و ضروری به نظر می-رسد. با توجه به این‌که مزارع یک ساله زعفران در شروع دوره بهره‌برداری می‌باشند و همزمان با کاشت معمولاً کود دامی زیادی به خاک داده می‌شود، لذا غلظت عناصر کم مصرف در مزارع با سنین کمتر نسبتاً بالاتر بوده و با افزایش برداشت سالیانه زعفران و سن مزرعه، میزان این عناصر کاهش یافت. همچنین به نظر می‌رسد که تنها بخش کمی از روی در خاک‌های مورد مطالعه برای گیاه قابل جذب بوده و مابقی آن عملاً به فرم غیرقابل دسترس است. اسیدیته نسبتاً بالا و آهکی بودن خاک‌ها از جمله دلایل عمده تثبیت بخش عمده برخی عناصر از جمله روی در خاک‌ها می‌باشد (Taghipour et al., 2010). مطالعه میکو و همکاران (Mico et al., 2006) بیانگر آن بود که غلظت سرب، مس و کادمیوم خاک عمدتاً به وسیله فعالیت‌های بشری کنترل می‌شود و ارتباط کمتری بین غلظت آن‌ها با سایر خصوصیات خاک وجود داشت.

منگنز: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اثر معنی‌دار سن مزرعه زعفران بر میزان منگنز خاک بود (p≤۰/۰۱) (جدول۱). مقایسه غلظت منگنز در خاک مزارع یک، سه و پنج ساله بیانگر آن بود که میزان منگنز خاک در مزارع پنج ساله به ترتیب ۲۹ و ۳۴ درصد بیشتر از مزارع یک و سه ساله بود (شکل ۳- الف).

غلظت منگنز خاک مزرعه زعفران به طور معنی‌داری تحت تأثیر نوع منطقه کاشت قرار گرفت (p≤۰/۰۵) (جدول ۱). مزارع زعفران خوسف و حسین‌آباد به ترتیب با ۱/۳۹ و ۰/۸۸ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت منگنز در خاک بودند. مهمویی از این نظر، با غلظت ۱/۱۶ پی‌پی‌ام در مرتبه دوم قرار داشت و مناطق آرین شهر و گل فریز (به ترتیب با ۰/۹۵ و ۰/۹۱ پی‌پی‌ام) نیز در مرتبه‌های بعدی بودند، البته به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با محتوی منگنز خاک در منطقه حسین‌آباد نشان ندادند (شکل ۳-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و نوع منطقه به طور معنی‌داری غلظت منگنز خاک مزارع زعفران را تحت تأثیر قرار داد (p≤۰/۰۱) (جدول ۲).



شکل ۳- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه کاشت (ب) بر غلظت منگنز خاک مزرعه زعفران

Fig. 3- Effects of field age(A) and planting region (B) on Mn concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

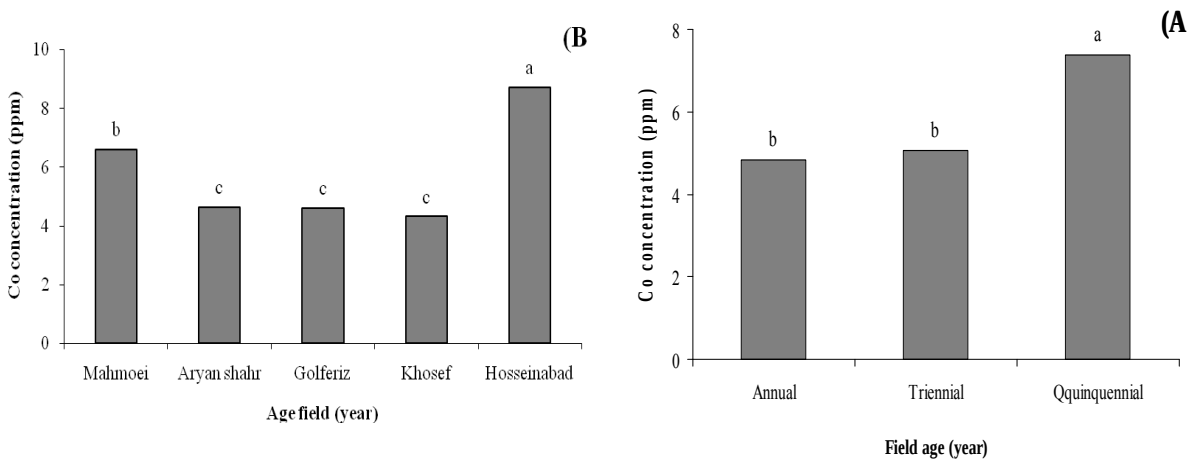
مقایسه غلظت منگنز مزارع یک، سه و پنج در مناطق مورد بررسی کاشت زعفران در مزارع مختلف بیرجند نشان داد که مزارع پنج ساله خوسف و یک دادند. به طور کلی، مزارع یک ساله زعفران از نظر غلظت منگنز در مرتبه دوم قرار داشتند، هر چند که تفاوت معنی‌داری با مزارع سه ساله نداشتند. مزرعه پنج ساله خوسف و پنج ساله حسین‌آباد به ترتیب با ۱/۷۰۱ و ۰/۸ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین میزان منگنز بودند. همچنین مزارع پنج ساله با میانگین غلظت ۱/۲۵۵ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و مزارع سه ساله با ۰/۹۳۷ پی‌پی‌ام دارای کمترین غلظت منگنز در خاک را به خود اختصاص (جدول ۳).

اثر سن مزرعه و نوع منطقه کاشت بر غلظت عناصر سنگین خاک

کبالت: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر اثر معنی‌دار سن مزرعه زعفران بر میزان کبالت خاک بود (جدول ۱)؛ به طوری‌که میزان کبالت مزارع پنج ساله به ترتیب برابر با ۵۳ و ۴۶ بیشتر از مزارع یک ساله و سه ساله بود (شکل ۴-الف).

مقایسه غلظت کبالت خاک مزارع زعفران در مناطق مورد بررسی نشان داد که خاک مزارع زعفران حسین‌آباد و خوسف به ترتیب با ۸/۷ و ۴/۳۱ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین میزان کبالت بودند. مزرعه منطقه مهمویی از این نظر با ۶/۵۸ پی‌پی‌ام در مرتبه دوم قرار داشت و مناطق آرین شهر و گل فریز (به ترتیب با ۴/۶۲ و ۴/۵۹ پی‌پی‌ام غلظت کبالت) نیز در مرتبه بعدی قرار گرفتند؛ هر چند به لحاظ مقدار، تفاوت معنی‌داری با محتوی کبالت خاک در مزرعه خوسف (۴/۳۱ پی‌پی‌ام) مشاهده نگردید (شکل ۴-ب).

اثر متقابل سن مزرعه و منطقه کاشت زعفران، غلظت کبالت خاک را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). مزارع سه ساله حسین‌آباد و سه ساله گل فریز به ترتیب با ۱۱/۴۷ و ۱/۴۱ پی‌پی‌ام بیشترین و کمترین مقدار کبالت را به خود اختصاص دادند. همچنین مناطق حسین‌آباد و آرین شهر به ترتیب با ۸/۶۹ و ۳/۹۸ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت روی بودند. این موضوع بیانگر غلظت بیش از دو برابری کبالت در خاک‌های منطقه حسین‌آباد نسبت به آرین شهر می‌باشد (جدول ۳). رودریگوز و همکاران (Rodríguez et al., 2008) در مطالعه‌ای افزایش فعالیت-های صنعتی را عامل افزایش غلظت سرب، کبالت و روی در خاک-های بوم‌نظام‌های کشاورزی اسپانیا معرفی نمودند.



شکل ٤- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه (ب) بر غلظت کبالت خاک مزرعه زعفران

Fig. 4- Effects of field age(A) and planting region (B) on Co concentration of saffron field

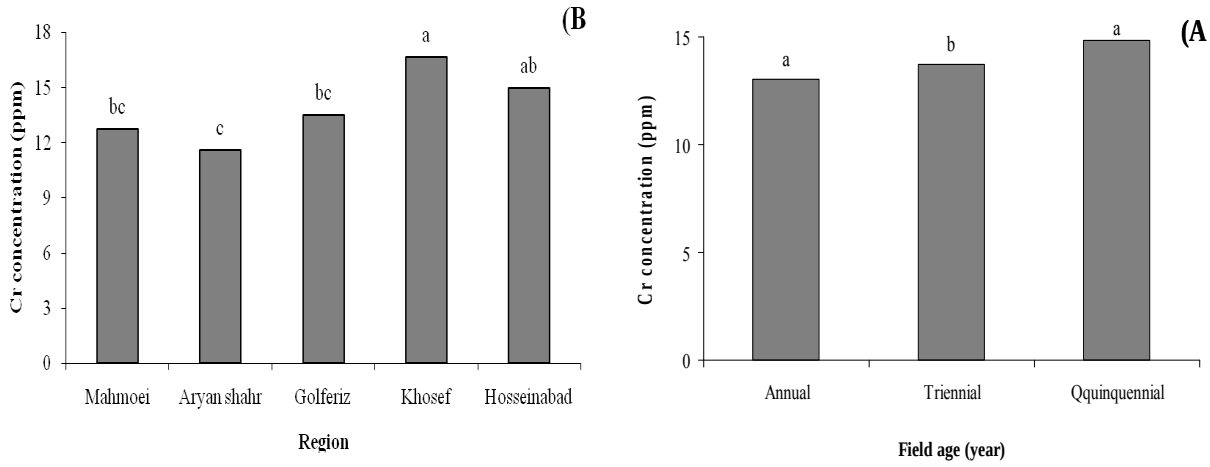
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

این محققان همچنین خاطر نشان ساختند که غلظت این عناصر در خاک همبستگی ضعیفی با سایر خصوصیات خاک مانند درصد شن، سیلت و رس، آهک، هدایت الکتریکی و اسیدیته نشان داد. چن و همکاران (Chen et al., 2009) نشان دادند که غلظت عناصر سنگین در خاک به وسیله نوع مواد مادری و فعالیت‌های انسانی کنترل می‌شود. این محققان تأکید کردند که این عناصر همبستگی خوبی با مقدار ماده آلی نشان داد. شای و همکاران (Shi et al., 2008) نیز گزارش کردند که استفاده طولانی‌مدت و بیش از حد کودهای شیمیایی و آلی در زمین‌های کشاورزی در تجمع فلزات سنگین در خاک نقش بسزایی داشته است. بنابراین، از آنجا که نوع مدیریت بکارگرفته شده در مزارع زعفران، عامل اصلی تغییر غلظت این عناصر در خاک می‌باشد و همچنین با در نظر گرفتن روند تجمعی غلظت کبالت در خاک تحت تأثیر گذشت زمان، لازم است به منظور جلوگیری از تجمع کبالت و بزرگنمایی زیستی آن در زنجیره غذایی به میزان این عنصر در کودهای آلی و شیمیایی مورد استفاده به منظور بهبود حاصلخیزی خاک توجه بیشتری گردد. همچنین از آنجا که ترکیب عناصر سنگین با مواد آلی یکی از شکل‌های عناصر سنگین در خاک می‌باشد (Alloway, 1990)، می‌توان از مصرف کودهای آلی مناسب برای کاهش غلظت این عناصر در خاک به منظور جلوگیری از ورود آن‌ها به محصولات کشاورزی و سطوح بالاتر زنجیره غذایی بهره‌گیری شود. آلووی (Alloway, 1990) دلیل ترکیب عناصر سنگین با مواد آلی یکی از شکل‌های عناصر سنگین در خاک را به دارا بودن گروه‌های عاملی نظیر هیدروکسیل، فنول و کربوکسیل در کنترل فعالیت، جذب و کمپلکس عناصر سنگین نسبت داد.

کروم: اگرچه اثر سن مزرعه بر میزان عنصر سنگین کروم در خاک مزرعه زعفران معنی‌دار نبود (جدول۱)، ولی با افزایش سن مزرعه بر میزان کروم خاک افزوده شد؛ به طوری‌که خاک مزارع پنج ساله زعفران با ۱۴/۸۶ پی‌پی‌ام بیشترین میزان کروم را دارا بودند. محتوی کروم خاک مزارع پنج ساله زعفران با ۱۴ و ۸ درصد بالاتر از غلظت این عنصر به ترتیب برای مزارع یک و سه ساله بود (شکل ۵-الف).

بررسی غلظت کروم خاک در پنج منطقه کاشت زعفران در استان بیرجند نشان داد که خاک مزارع خوسف و آرین شهر به ترتیب با ۱۶/۶۳ و ۱۱/۵۹ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت کروم بودند. همچنین مزارع حسین‌آباد (۱۴/۹۶ پی‌پی‌ام) از این نظر در مرتبه دوم و گل فریز و مهمویی (به ترتیب با ۱۳/۴۹ و ۱۲/۷۴ پی‌پی‌ام) در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (شکل ۵-ب).



شکل ۵- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه (ب) بر غلظت کروم خاک مزرعه زعفران

Fig. 5- Effects of field age(A) and planting region (B) on Cr concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

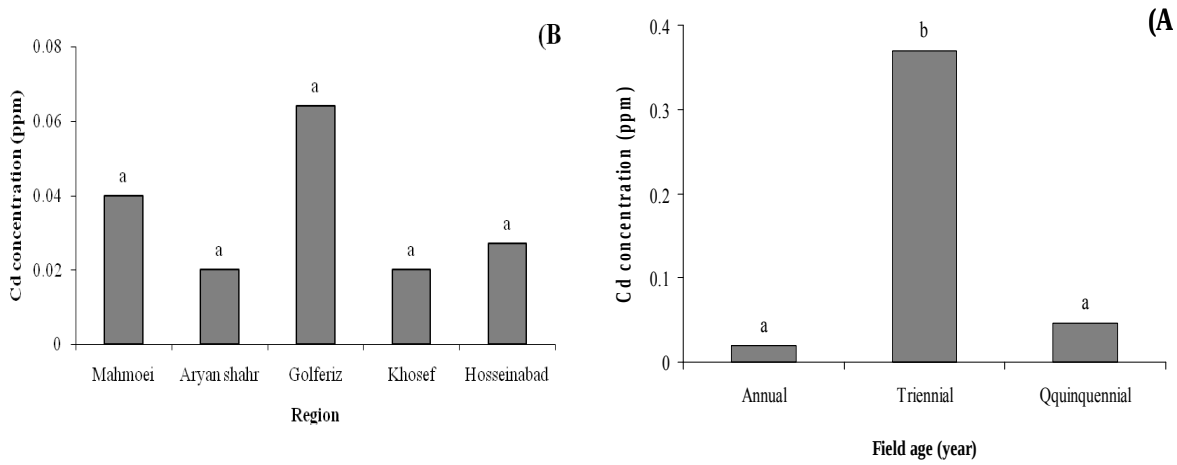
Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

مقایسه مقادیر میانگین غلظت کروم مزارع یک ساله، سه ساله و پنج ساله در مناطق مورد بررسی نشان داد که خاک مزارع زعفران پنج ساله در خوسف و خاک مزارع زعفران سه ساله در آرین شهر با ۱۸/۳۷ پی‌پی‌ام و ۱۰/۵۴ پی‌پی‌ام دارای بیشترین و کمترین غلظت کروم بودند (جدول ۳). مقایسه مقادیر میانگین غلظت کروم در مزارع یک ساله، سه ساله و پنج ساله در کل مناطق مورد بررسی نشان داد که با افزایش سن مزارع زعفران میزان کروم خاک نیز افزایش یافت؛ به طوری‌که غلظت کروم در مزارع یک ساله از ۱۳/۰۵ پی‌پی‌ام به ۱۴/۸۶ پی‌پی‌ام در مزارع پنج ساله افزایش یافت که ۱۴ درصد افزایش را نشان می‌دهد. نتایج میکو و همکاران (Mico et al., 2006) نشان داد که مواد مادری نقش مهمی در کنترل غلظت برخی عناصر نظیر کبالت، کروم، نیکل و روی داشتند. این محققان همچنین خاطر نشان ساختند که همبستگی مثبتی بین غلظت این عناصر در خاک و سایر خصوصیات خاک از نظر میزان رس، کربنات و مواد آلی مشاهده گردید. بدین ترتیب، می‌توان از راهکارهای اکولوژیک نظیر مصرف مواد آلی همچون کود دامی پوسیده برای جلوگیری از تجمع این عنصر سنگین در زنجیره غذایی بهره‌گیری گردد.

کادمیوم: سن مزرعه، منطقه و اثر متقابل آن‌ها بر غلظت کادمیوم خاک مزارع زعفران معنی‌دار نبود (جدول ۱). با این‌وجود، با افزایش سن مزرعه از یک به سه و پنج سال غلظت کادمیوم خاک در مزارع زعفران به ترتیب برابر با ۸۵ و ۱۳۰ درصد افزایش یافت (شکل ۶-الف).

بالاترین غلظت کادمیوم خاک مزارع زعفران برای گل فریز با ۰/۰۶۴ پی‌پی‌ام و پایین‌ترین میزان برای آرین شهر و خوسف برابر با ۰/۰۲ پی‌پی‌ام حاصل گردید (شکل ۶-ب).

بیشترین غلظت کادمیوم برای مزارع پنج ساله گل فریز (۰/۱۵پی‌پی‌ام) مشاهده شد (جدول ۳). بر اساس بررسی میکو و همکاران (Mico et al., 2006)، مقدار سرب، مس و کادمیوم خاک مزارع، عمدتاً توسط فعالیت‌های بشری کنترل می‌گردد و غلظت این عناصر ارتباط کمتری با سایر خصوصیات خاک دارند. به عبارت بهتر، مدیریت زراعی و از جمله کود دهی عامل موثر در افزایش غلظت این عناصر به حساب می‌آید. غلظت کادمیوم در خاک مزارع کشاورزی در درازمدت تحت تأثیر مصرف کودهای فسفاته افزایش می‌یابد (Rui et al., 2008). برخی بررسی‌ها نشان داده است که سالانه یک گرم در هکتار کادمیوم تحت تأثیر مصرف کودهای فسفاته به خاک اضافه می‌شود (Molina et al., 2009; Mc Bride & Spiers, 2001). غلظت کادمیوم در سوپرفسفات ساده، ترپیل و اوره به ترتیب ۳/۱، ۸/۱ و در حدود ۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (Mirnia & Mohammadian, 2005).



شکل ٦- اثر سن مزرعه (الف) و منطقه (ب) بر غلظت کادمیوم خاک مزرعه زعفران

Fig. 6- Effects of field age(A) and planting region (B) on Cr concentration of saffron field

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر شکل و برای هر جزء، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each figure and for each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

میزان کادمیوم کود اوره ۰/۰۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Molina et al., 2009). ژیائو و همکاران (Jiao et al., 2004) نیز اظهار داشت که کادمیوم به عنوان آلاینده در کودهای فسفاته مطرح می‌باشد، لذا کاربرد بیش از حد کودهای فسفره نه تنها باعث افزایش هزینه‌های تولید، افزایش تجمع فسفر در خاک و در نتیجه کاهش کارآیی آن می‌شود، بلکه تجمع فلزات سنگین به ویژه کادمیوم را نیز موجب می‌گردد (Ju et al., 2007). اصولاً بوم-نظام‌های تولیدی زعفران، متکی به نهاده‌های درون مزرعه‌ای و از جمله بقایای گیاهی و کودهای دامی می‌باشد و به جهت تأثیر بسیار مطلوب انواع کودهای دامی در رشد و نمو زعفران، کشاورزان بیشتر از این نوع کودها جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز مزارع زعفران استفاده می‌کنند، از این‌رو، پایین بودن غلظت کادمیوم خاک مزارع به دلیل استفاده کمتر از کودهای شیمیایی رایج بوده و این موضوع به لحاظ سلامت زعفران تولیدی و به عبارت بهتر ارگانیک بودن آن حائز اهمیت فراوان است. بدین ترتیب، از آنجا که غلظت کادمیوم خاک عمدتاً به وسیله فعالیت‌های بشری کنترل می‌شود و ارتباط کمتری با سایر خصوصیات خاک دارد (Mico et al., 2006) و در نظر گرفتن حضور این عنصر در کودهای شیمیایی نیتروژنه، فسفره و پتاسه (Mc Bride & Spiers, 2001; Rui et al., 2008; Molina et al., 2009; Jiao et al., 2004; Zhao et al., 2009)، لذا توصیه می‌شود از روش‌های مدیریتی نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای سازگار با محیط زیست برای کاهش غلظت این عناصر آلاینده در مزارع زعفران بهره‌گیری شود.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که اثر ساده سن مزرعه و نوع منطقه غلظت عناصر کم‌مصرف و عناصر سنگین خاک مزارع زعفران را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. با افزایش سن مزرعه غلظت روی خاک کاهش و غلظت عناصر سنگین خاک شامل کبالت، کروم و کادمیوم افزایش یافت. مزارع شهر خوسف و حسین‌آباد دارای بیشترین و کمترین غلظت آهن در خاک به ترتیب با ۱/۶۵ و ۰/۷۷ پی‌پی‌ام بودند. میزان کبالت مزارع پنج ساله به ترتیب برابر با ۵۳ و ۴۶ بیشتر از مزارع یک‌ساله و سه‌ساله بود. بدین ترتیب، با توجه به روش‌های مختلف مدیریت‌بوم‌نظام‌های زعفران و احتمال ورود انواع عناصر کم-مصرف و سنگین به سطوح مختلف زنجیره غذایی توصیه می‌شود از روش‌های مدیریت اکولوژیک نظیر کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده از کودهای آلی و سازگار با محیط زیست دارای مقادیر کمتر

از حد مجاز این عناصر برای کاهش غلظت آن‌ها در مزارع زعفـران و جلوگیری از ورود آن‌ها به سطوح تغذیه‌ای بـالاتر بـه منظـور کـاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی، حفظ تنوع زیستی و تأمین سلامت جامعه بهره‌گیری شود.

منابع

Shahbazi, A., Soffianian, A.R., Mirghaffari, N., and Einghalaei, M.R. 2012. Contamination factor and comprehensive pollution index (A case study in Nahavand city). Environment and Development Journal 3(5): 31-38. (In Persian with English Summary)

Adriano, D.C., Wenzel, W.W., Vangronsveld, J., and Bolan, N.S. 2004. Role of assisted natural remediation in environmental cleanup. Geoderma 122: 121-142.

Alloway, B.J. 1990. Heavy Metals in Soils. Blackie and Son, Ltd. Glasgow and London. p. 339.

Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2005. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 1-14. (In Persian with English Summary)

Bhogal, A., Nicholson, F.A., Chambers, B.J., and Shepherd, M.A. 2003. Effects of past sewage sludge addition on heavy metal availability in light textured soils: Implications for crop yields and metal uptakes. Environmental Pollution 121: 413-423.

Blake, A.D., Jones, R.M., Blake, R.C., Pavalov, A.R., Darwish, I.A., and Yu, H. 2001. Antibody-based sensors for heavy metal ions. Biosensors and Bioelectronics 16: 799-809.

Boudaghi, H., Yunesian, M., Mahvi, A.H., Mohammadi, M.A., Dehghani, M.H., and Nazmara, S. 2012. Cadmium, lead and arsenic concentration in soil and underground water and its relationship with chemical fertilizer in paddy soil. Journal of Mazandaran University of Medicinal Sciences 22(Supple 1): 20-28 (In Persian with English Summary)

Caballero-Ortega, H., Pereda-Miranda, R., Riverón-Negrete, L., Hernández, J.M., Medécigo-Ríos, M., Castillo-Villanueva, A., and Abdullaev, F.I. 2000. Chemical composition of saffron (*Crocus sativus* L.) from four countries. ISHS Acta Horticulturae. 650: International Symposium on Saffron Biology and Biotechnology.

Chen, T., Liu, X., Li, X., Zhao, K., Zhang, J., Xu, J., Shi, J., and Dahlgren, R.A. 2009. Heavy metal sources identification and sampling uncertainty analysis in a field–scale vegetable soil of Hangzhou, China. Environmental Pollution 157: 1003-1010.

Doelsch, E., Deroche, B., and Van de Kerchove, V. 2006. Impact of sewage sludge spreading on heavy metal speciation in tropical soils (Reunion, Indian Ocean). Chemosphere 65: 286-293.

Ebdon, L., Pitts, L., Cornelis, R., Crews, H., Donard, O.F.X., and Quevauviller, P. 2001. Trace Element Speciation for Environment, Food and Health; Royal Society of Chemistry, Cambridge. p. 391.

Eby, G.N. 2005. Principles of environmental geochemistry, Thomson, Ellis, S., and Mellor, A., New York.

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.

Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.A., and Nelson, W.L. 1999. Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management. 6th Ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.P. pp. 265-270.

Hosseinzadeh, H., and Younesi, H. 2002. Petal and stigma extracts of *Crocus sativus* L. have antinociceptive and anti- inflammatory effects in mice. BMC Pharmacol. II.

Huang, S., and Jin, J. 2008. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. Environ Monit Assess. DOI 10.1007/s10661-007-9838-4

Ibhadon, A.O., Wright, P., and Daniels, R. 2004. Trace metal speciation and contamination in an intertidal estuary. Environmental Monitoring 6: 679-683.

Jhan, G.C., Almazan, L.P., and Pacia, J. 2005. Effect of nitrogen fertilizer on the intrinsic rate of increase of the rusty plum aphid, *Hysteroneura setariae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) on rice (*Oryza sativa* L.). Environmental Entomology 34: 938-943.

Jiao, Y., Grant, C.A., and Bailey, L.D. 2004. Effects of phosphorus and zinc fertilizer on cadmium uptake and distribution in flax and durum wheat. Journal of the Science of Food and Agriculture 84(8): 777-785.

Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2012. Report on agronomic research for saffron. (on Published). (In Persian)

Ju, X., Kou, C., Christie, P., Dou, Z., and Zhang, F. 2007. Changes in the soil environment from excessive

application of fertilizers and manures to two contrasting intensive cropping systems on the North China Plain. Environmental Pollution 145(2): 497-506.

Kabala, C., and Singh, B.R. 2001. Fractionation and mobility of copper, lead and zinc in soil profiles in the vicinity of copper smelter. Journal of Environmental Quality 30: 485-492.

Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Production and Processing. Zaban va Adab Publications, Iran. 276 pp. (In Persian)

Laing, Du, G., Vos De, R., Vandecasteele, B., Lesage, E., Tack, F.M.G., and Verloo, M.G. 2008. Effect of salinity on heavy metal mobility and availability in intertidal sediments of the Scheldt estuary. Estuarine Coastal and Shelf Science 77: 589-602.

Larbi, A., Morales, F., and Abadia, A. 2003. Effect of Cd and Pb in sugar beat plants grown in nutrient solution. Functional Plant Biology 20(12): 1453-1464.

Lee, C.S., Li, X., and Shi, W. 2006. Metal contamination in urban, suburban, and country park soils of Hong Kong: A study based on GIS and multivariate statistics. Science of the Total Environment 356(1–3): 45–61.

Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 42: 421-428.

Liu, W., Zhao, J., Ouyang, Z., Soderlund, L., and Liu, G. 2005. Impact of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. Environment International 31: 805-812.

McBride, M., and Spiers, G. 2001. Trace element content of selected fertilizers and dairy manures as determined by ICP-MS. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32(1): 139-156.

Mico, C., Recatala, L., Peris, M., and Sanchez, J. 2006. Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. Chemosphere 65: 863-872.

Mirnia, S.K., and Mohammadian, M. 2005. Rice, disorders food elements, Management food elements. Publications of Mazandaran University. (Persian)

Molina, M., Aburto, F., Calderon, R., Cazanga, M., and Escudey, M. 2009. Trace element composition of selected fertilizers used in Chile: phosphorus fertilizers as a source of longterm soil contamination. Taylor and Francis 18(4): 497-511.

Mollafilabi, A., and Shoorideh, H. 2009. The new methods of saffron production. The 4th National Festival of Saffron, Khorasan- Razavi, Iran, 27-28 October. (In Persian)

Petit, M.D., and Rucandio, M.I. 1999. Sequential extraction for determination of cadmium distribution in coal fly ash, soil and sediment samples. Analytica Chemica Acta 401: 283-291.

Pingali, P.L., and Roger, P.A. 1995. Impact of pesticides on farmer heath and the rice environment. IRRI, Manila, Philippines.

Rios, J.L., Recio, M.C., Giner, R.M., and Manez, S. 1996. An update review of saffron and its active constituents. Phytotherapy Research 20(1): 189-193.

Rola, A., and Pingali, P. 1993. Pesticides, rice productivity and heath impacts in the Philippines. World Resources Institute.

Rui, Y., Shen, J., and Zhang, F. 2008. Application of ICPMS to determination of heavy metal content of heavy metals in two kinds of N fertilizer. Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi 28(10): 2425.

Sharma, A.K. 2002. A Handbook of Organic Farming. Agrobios India 627 pp.

Shi, G., Chen, Z., Xu, S., Zhang, J., Wang, L., Bi, C., and Teng, J. 2008. Potentially toxic metal contamination of urban soils and roadside dust in Shanghai, China. Environmental Pollution 156: 251-260.

Taghipour, M., Khademi, H., and Ayoubi, S. 2010. Spatial variability of Pb and Zn concentration and its relationship with land use and parent materials in selected surface soils of Hamadan province. Journal of Water and Soil 24(1): 132-144. (In Persian with English Summary)

Tessier, A., and Campbell, P.G.C. 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Analytical Chemistry 51: 844-851.

Walkar, D.J., Clemente, R., Roig, A., and Pilar, B. 2003. The effect of soil amendments on heavy metal bioavalibility in two contaminated Mediterranean soils. Environmental Pollution 122: 303-312.

Weggler-Beaton, K., McLaughlin, M.J., and Graham, R.D. 2000. Salinity increases cadmium uptake by wheat and Swiss chard from soil amended with biosolids. Australian Journal of Soil Research 38: 37-45.

Wong, S.C., Li, X.D., Zhang, G., Qi, S.H., and Min, Y.S. 2002. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River

Delta, South China. Environmental Pollution 119: 33-44.

Zhao, K., Zhang, W., Zhou, L., Liu, X., Xu, J., and Huang, P. 2009. Modeling transfer of heavy metals in soil-rice system and their risk assessment in paddy fields. Environmental Earth Sciences 59(3): 519-527.

Zhong-qiu, Z., Yong–Quan, Z., and Yun-Long, C. 2004. Effect of zinc on cadmium uptake by spring wheat (*Triticum aestivum* L.) L: long–time hydroponic study and short–time Cd tracing study. Journal of Zhejiang University Science 6A(7): 643-648.

Zhou, L.X., and Wang, J.W.C. 2001. Effect of dissolved organic matter from sludge and sludge compost on soil copper sorption. Journal of Environmental Quality 30: 878-883.

Rodríguez, J.A., Nanos, N., Grau, J.M., Gil, L., and López-Arias, M. 2008. Multiscale analysis of heavy metal contents in Spanish agricultural topsoils. Chemosphere 70(6): 1085-1096.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۹۱۵-۹۰۵

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 905-915

مقایسه نظام‌های بهره‌برداری به لحاظ مصرف انرژی تولید سویا (*Glycine max* L.) در دشت مغان

ابوالفضل برومند[۱]، محمد حسین آق‌خانی[۲*] و حسن صدرنیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۲۹

چکیده

ارزیابی روند ورود و خروج انرژی در نظام‌های بهره‌برداری، یکی از روش‌های تعیین سطح پایداری در این نظام‌ها است. هدف از این تحقیق مقایسه نظام‌های بهره‌برداری (تعاونی، خصوصی و دولتی) به لحاظ مصرف انرژی تولید سویا (*Glycine max* L.) و بررسی تأثیر انرژی نهاده‌ها در میزان عملکرد سویا در دشت مغان بود. برای این منظور، اطلاعات به وسیله مصاحبه رو در رو با ۱۴ کشاورز عضو تعاونی، ۵۴ کشاورز خصوصی و ۱۴ واحد کشت و صنعت جمع‌آوری گردید. بیشترین انرژی ورودی برای تولید سویا در نظام‌های بهره‌برداری دولتی (۲۶۷۸۴/۲۸ مگاژول در هکتار) و به دنبال آن در نظام بهره‌برداری تعاونی (۲۴۸۱۵/۹۸ مگاژول در هکتار) مشاهده گردید. همچنین، انرژی خروجی در نظام بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۴۱۹۴۷/۵، ۳۹۹۴۸/۶۱ و ۴۳۶۲۷/۵ مگاژول در هکتار محاسبه شد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از کل انرژی ورودی در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۳۷/۸۴، ۳۱/۰۷ و ۳۷/۴۷٪ برآورد شد در صورتی که سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر به ترتیب ۶۲/۱۶، ۶۸/۹۳ و ۶۲/۵۳٪ از کل انرژی ورودی بود. میزان اتکا به منابع انرژی تجدیدناپذیر در این منطقه بالا بود. بنابراین، باید در جهت جایگزین نمودن منابع انرژی تجدیدپذیر به جای منابع تجدیدناپذیر تلاش شود. تجزیه و تحلیل انرژی نشان داد، نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی (کارایی مصرف انرژی)، برای نظام بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱/۶۸، ۱/۶۳ و ۱/۶۲ می‌باشد. در همه شاخص‌های انرژی، نظام بهره‌برداری تعاونی در مقایسه با نظام بهره‌برداری خصوصی و نظام بهره‌برداری دولتی گزینه بهتری بود. تخمین کشش تولید نشان داد، در بین نهاده‌های انرژی، آبیاری مؤثرترین نهاده برای تولید سویا می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: انرژی تجدیدپذیر، تابع تولید، شاخص‌های انرژی، منابع انرژی، نظام بهره برداری تعاونی

مقدمه

نظام‌های بهره‌برداری ارکان اصلی تولید در کشاورزی هستند. از این رو، ارزیابی انرژی مصرفی نهاده‌ها و تأثیر آن‌ها در عملکرد نظام‌های بهره‌برداری مختلف کشاورزی یکی از روش‌های تعیین سطح پایداری در این نظام‌ها است. نتایج تحلیل مؤلفه‌های تولید گندم آبی نظام‌های بهره‌برداری دهقانی، تجاری و تعاونی نشان داد، نظام بهره‌برداری دهقانی با ۲۲۲/۴۴ کیلوگرم در هکتار کمترین و نظام بهره‌برداری تعاونی با میانگین ۳۸۶/۲۸ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین میزان مصرف کودهای شیمیایی در واحد سطح هستند که نشان می‌داد نظام بهره‌برداری دهقانی کمترین میزان آلودگی منابع را از نظر مصرف کود شیمیایی دارد (Tupchi et al., 2011). افزایش روز افزون جمعیت و نیاز آن‌ها به غذایی بیشتر، وظیفه نظام‌های بهره‌برداری کشاورزی را در تأمین غذا دو چندان کرده است. سویا (*Glycine max* L.) به دلیل داشتن پروتئین فراوان و اسید چرب‌های ضروری یکی از منابع مهم کالری در تغذیه انسان‌ها و دام محسوب می‌شود. مصرف روغن نباتی در ایران حدود ۱/۴ میلیون تن در سال است که بیش از ۹۰٪ آن وارداتی است (Dehshiri & Aghaalikhani, 2012). این موضوع باعث شده تا سویا یکی از اقلام مهم بازرگانی بین‌المللی به حساب آید بنابراین مطالعه انرژی مصرفی آن از اهمیت به سزایی برخوردار است. مطالعه انرژی مصرفی

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: aghkhani@um.ac.ir)

تولید سویا در استان گلستان نشان داد، سوخت دیزل با ۶۴٪، کودهای شیمیایی با ۱۴٪ و آب آبیاری با ۶٪ بـه ترتیـب بیشـترین سـهم را در انرژی ورودی دارند. رابطه بین انرژی نهادهها با عملکرد با اسـتفاده از تابع کاب داگلاس تخمین زده شد و نشـان داد، انـرژی بـذر و آب بـا ضرایب ۲/۵۷ و ۱/۵۱ به ترتیب بیشترین تأثیر مثبت را روی عملکـرد سویا دارنـد (Ramedani et al., 2011). در تحقیـق مشـابه دیگـری کارآیی انرژی، انرژی ویژه، بهرهوری انرژی و انرژی خـالص در تولیـد سـویا بـه ترتیـب ۱/۸، ۱۶/۱۶ مگـاژول کیلـوگرم، ۰/۰۶۲ کیلـوگرم مگاژول و ۲۴۲۳۵/۵ مگاژول در هکتار برآورد گردیـد (Dehshiri & Aghaalikhani, 2012). بررسی شاخصهای انرژی امکـان مقایسـه نظامهای کشاورزی را فراهم نموده و مدیران نظامهای بهرهبرداری را در امر برنامهریزی یاری میکند. بر این اساس کـارآیی انـرژی تولیـد سـویا در کشـاورزی حفـاظتی و ارگانیـک بـه ترتیـب ۵/۵۷ و ۶/۹۷ محاسـبه گردیـد (Sartori et al., 2005). در مقایسـه نظـامهـای خاکورزی در تناوبهای مختلف، بیشـترین انـرژی خروجـی در نظـام خاکورزی متداول و در تناوب سـویا – عـدس بـا ۴۴۲۵۳ مگـاژول در هکتار و به دنبال آن در نظام کم خاکورزی و در تناوب سویا– عـدس با ۴۳۴۵۰ مگاژول در هکتار گـزارش گردیـد (Singh et al., 2008). افزایش راندمان مصرف انرژی در نظـامهـای تولیـد یکـی از شـرایط دستیابی به پایداری تولید است و برنامهریزی و تصمیمگیـری در ایـن راستا بر عهده نظامهای بهرهبرداری مـیباشـد. نتـایج تحلیـل انـرژی مصرفی گندم در نظامهای کشت آبـی و دیـم نشـان داد کـل انـرژی مصرفی در کشت آبی و دیم به ترتیب ۲۵۶۰۰ و ۱۷۴۵۸ مگـاژول در هکتار است. در هر دو نظام کشت (آبی و دیم) کود شیمیایی به ترتیب با ۴۰ و ۶۶٪ بیشترین سهم را در انرژی مصرفی داشت. نسبت انرژی در نظام کشت آبی منطقه ۱۱/۵ و در نظام کشت دیم ۱۵/۱ برآورد شد (Safa et al., 2011). در تحقیقـی دیگـر میـزان انـرژی ورودی بـه مزارع گندم آبی (به عنوان نظام پرنهـاده) ۴۵۳۷۶ مگـاژول در هکتـار محاسبه گردید که ۴/۸ برابر انرژی ورودی به مـزارع گنـدم دیـم (بـه عنـوان یـک نظـام کـمنهـاده) بـود (Ghorbani et al., 2011). در تولیدات گلخانهای نیز اثر انرژی نهادههـا (بـه جـز کـود و بـذر) روی عملکـرد خیـار گلخانـهای مثبـت و معنـیدار گـزارش گردیـد (Mohammadi & Omid., 2010). نتایج بررسیها نشـان داد کـه تمام مطالعات مذکور تنها به بررسی الگوی مصرف انرژی محصولات، مصرف انرژی محصولات در نظامهای خاکورزی و زراعـی و مصـرف انرژی در شرایط گلخانهای پرداختهاند، لذا تاکنون پژوهشی در رابطه با مقایسه انرژی مصرفی تولید سویا در نظامهای بهـرهبـرداری صـورت نگرفته است. مطالعه حاضر به بررسی انـرژی مصـرفی تولیـد سـویا و ارتباط بین انرژی نهادهها با عملکرد در نظامهای بهرهبرداری تعـاونی، خصوصی و دولتی پرداخته است.

مواد و روشها

موقعیت جغرافیایی منطقه

دشت مغان در شمال غرب ایران، غرب دریـای خـزر و در شـمال استان اردبیل قرار دارد. این منطقه در عـرض جغرافیـایی ۳۹ درجـه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۱ دقیقه شـرقی و بـا ارتفاع ۵۰ متر از سطح دریا قرار دارد. اقلیم منطقه از نظر تقسیمبنـدی آب و هوایی جزء مناطق نیمه بیابانی خفیف بوده و میـانگین بارنـدگی سـالیانه منطقـه طبـق آمـار هواشناسـی ۳۸۹/۵ میلـیمتـر مـیباشـد (Soleymanzade & habibi,. 2012).

جمعآوری دادهها و نحوه محاسبات

جامعه آماری این تحقیق شـامل کشـاورزانی اسـت کـه در سـال زراعی ۹۱–۱۳۹۰ در قالب یکی از سه نظام بهـرهبـرداری خصوصـی، تعاونی و دولتی اقدام به کشت سویا کردهاند. لازم به ذکر است، جهت بالا بردن دقت مطالعه از هر ۱۴ واحـد زراعـی کشـت و صـنعتهـا و همچنین از ۱۴ تعاونی موجود مصـاحبه و پرسشـنامه تکمیـل گردیـد. برای پیدا کردن حجم نمونه از فرمول کوکران (معادله ۱) استفاده شد. بنابراین برای تعیین انحراف معیار جامعه، تعداد ۱۵ نفـر از سـویاکاران به طور تصافی پـیشآزمـون شـدند و انحـراف معیـار کـارآیی انـرژی محاسبه گردید.

معادله (۱)

$$X=\frac{N(S\times T)^2}{(N-1)D^2+(S\times T)^2}$$

که در این معادله:

X: تعداد نمونه، S: انحراف معیار جامعه، N: تعداد کل جامعه، D: دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینـان) و T: ضـریب اطمینـان قابل قبول (مقدار آن در سطح اطمینان ۹۵ درصد ۱/۹۶ میباشد) می-باشند.

با استفاده از فرمول کوکران، تعداد کـل نمونـه لازم ۸۲ عـدد بـه دست آمد که متشـکل از ۵۴ کشـاورز خصوصـی، ۱۴ کشـاورز عضـو

تعاونی و ۱۴ واحد زراعی دولتی بود.

به منظور به دست آوردن میزان انرژی نهاده‌های ورودی به زمین در عملیات مختلف زراعی و انرژی خروجی از زمین، میزان مصرف هر نهاده در هکتار محاسبه شده و در معادل انرژی خود که در جدول (۱) آورده شده است، ضرب گردید.

برای به دست آوردن انرژی ماشین‌ها و ادوات کشاورزی ابتدا ظرفیت مؤثر مزرعه‌ای تک تک ماشین‌ها و ادوات کشاورزی از طریق معادله (۲) به دست آمد (Modaresrazavi, 2009).

معادله (۲)

$$Ca = \frac{W \times S \times E}{1000}$$

در این معادله، Ca: ظرفیت مؤثر مزرعه (هکتار در ساعت)، S: سرعت (کیلومتر در ساعت)، W: عرض کار ماشین (متر)، E: راندمان مزرعه‌ی (درصد) می‌باشد.

راندمان مزرعه‌ی متناسب برای هر یک از ماشین آلات از منابع استخراج شد (Modarsrazavi, 2009). بعد از محاسبه ظرفیت مؤثر مزرعه ماشین‌های به کار رفته، آن را معکوس کرده تا ساعت کارکرد آن‌ها بر حسب ساعت بر هکتار به دست آید، سپس عدد به دست آمده به هم ارز انرژی مربوط هر ماشین در جدول (۱) ضرب شد.

انرژی‌های ورودی در نظام‌های کشاورزی می‌تواند، به انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم یا تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم شوند. منابع انرژی مستقیم شامل نیروی انسانی، سوخت، آب و الکتریسیته و منابع انرژی غیرمستقیم شامل کودها، سموم و ماشین‌ها می‌باشند. همچنین می‌توان نیروی انسانی، آب، بذر و کود حیوانی را در دسته‌ی انرژی-های تجدیدپذیر و الکتریسیته، سوخت، سم، کودهای شیمیایی و ماشین‌ها را در دسته‌ی انرژی‌های تجدیدناپذیر قرار داد. شاخص‌های انرژی نیز با استفاده ازمعادله‌های سه، چهار، پنج و شش محاسبه شدند (Koocheki & Hoseini, 1994).

جدول ۱- معادل انرژی نهاده‌ها و ستانده در تولید سویا

Table 1- Energy equivalents of inputs and output in soybean production

نهاده (واحد) Input (unit)	معادل انرژی (مگا ژول) Energy equivalent (MJ)	مرجع Reference	نهاده (واحد) Input (unit)	معادل انرژی (مگا ژول) Energy equivalent (MJ)	مرجع Reference
ماشین آلات (h) Machinery (h)			نیروی انسانی (h) Human labor (h)	1.96	Ajabshirchi et al., 2010
تراکتور Tractor	93.61	(Ajabshirchi et al., 2010)	کودها (کیلوگرم) Fertilizers (kg)		
کمباین Combine	87.63	(Unakitan et al., 2010)	نیتروژن Nitrogen	66.14	Cetin & Vardar, 2008
ادوات Equipment	62.7	(Royan et al., 2012)	فسفر Phosphate	12.44	Cetin & Vardar, 2008
سوخت (L) Fuel (L)			ریز مغذی Micro elements	120	Banaeian & Namdari, 2011
گازوئیل Diesel fuel	56.61	(Banaeian and Namdari, 2011)	سموم (کیلوگرم) Chemicals (kg)		
روغن Oil	47.8	(Kitani, 1999)	علف‌کش Herbicide	238	Ramedani et al., 2011
بنزین Petrol	46.3	(Kitani, 1999)	حشره‌کش Insecticide	101.2	MousaviAvval, et al., 2010
آب (متر مکعب) Water (m^3)	1.02	(Banaeian and Namdari, 2011)	بذر (کیلوگرم) Seed (kg)	14.7	Ramedani et al., 2011
الکتریسیته (کیلووات بر ساعت) Electricity ($kW.h^{-1}$)	11.93	(Banaeian and Namdari, 2011)	سویا (کیلوگرم) Soybean (kg)	14.7	Ramedani et al., 2011

معادله (۳) $$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$

معادله (۴) $$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}$$

معادله (۵) $$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)}}{\text{عملکرد محصول (کیلوگرم در هکتار)}}$$

معادله (۶) $$\text{انرژی خروجی (مگاژول در هکتار)} - \text{انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)} = \text{انرژی خالص}$$

جهت بررسی رابطه بین انرژی نهاده‌ها با عملکرد نیاز به یک تابع هدف می‌باشد. یکی از توابع مهم در این زمینه تابع کاب داگلاس (معادله ۷) می‌باشد. در این تابع، ضرایب هر یک از متغیرها گویایی کشش تولید آن نهاده است. کشش تولیدی نیز نشان می‌دهد که در برابر یک درصد تغییر در متغیر مستقل، متغیر وابسته چند درصد تغییر می‌کند. انتخاب نوع تابع بستگی به ماهیت موضوع مطالعه دارد. با این حال یکی از بهترین ملاک‌های تعیین تابع تولید، استفاده از تجربیات گذشته است. (Aazamzadehshuraki et al,. 2010).

معادله (۷) $$Y=F(X)\ \exp(u)$$

این تابع در تحقیقات مختلفی برای بررسی رابطه بین نهاده‌های ورودی و عملکرد مورد استفاده قرار گرفته است. اگر از طرفین معادله فوق لگاریتم گرفته شود به صورت رابطه خطی ۸ در می‌آید.

معادله (۸) $$\text{Ln } Y_i = c + \sum_{j=1}^{n} \alpha_j \ln(X_{ij}) + e_i$$

که در آن Y_i: عملکرد سویا، X_{ij}: نهاده‌های استفاده شده، c: متغیر ثابت، α_j: ضریب ورودی‌های مدل و e_i: ضریب خطا می‌باشد. با فرض این که عملکرد تابعی از نهاده‌های ورودی می‌باشد، معادله (۸) را می‌توان به صورت معادله (۹) نوشت.

معادله (۹) $$\text{Ln } Y_i = \alpha_0 + \alpha_1 \ln X_1 + \alpha_2 \ln X_2 + \alpha_3 \ln X_3 + \alpha_4 \ln X_4 + \alpha_5 \ln X_5 + \alpha_6 \ln X_6 + \alpha_7 \ln X_7 + e_i$$

که در این معادله، X_{ij} (i= 1, 2, 3, …,7 and j= 1, 2 , 3, ….,7) به‌ترتیب مربوط به ماشین آلات (X_1)، آبیاری (X_2)، نیروی انسان (X_3)، کودهای شیمیایی (X_4)، سموم شیمیایی (X_5)، بذر (X_6)، سوخت (X_7). تمام اطلاعات اولیه این مقاله ابتدا وارد نرم‌افزار Excel 2007 شده و سپس با استفاده از نرم‌افزار JMP 4 تجزیه و تحلیل‌های آماری و تخمین مدل انجام شد.

نتایج و بحث

سهم هر یک از نهاده‌ها از کل انرژی مصرفی تولید سویا در نظام‌های بهره‌برداری

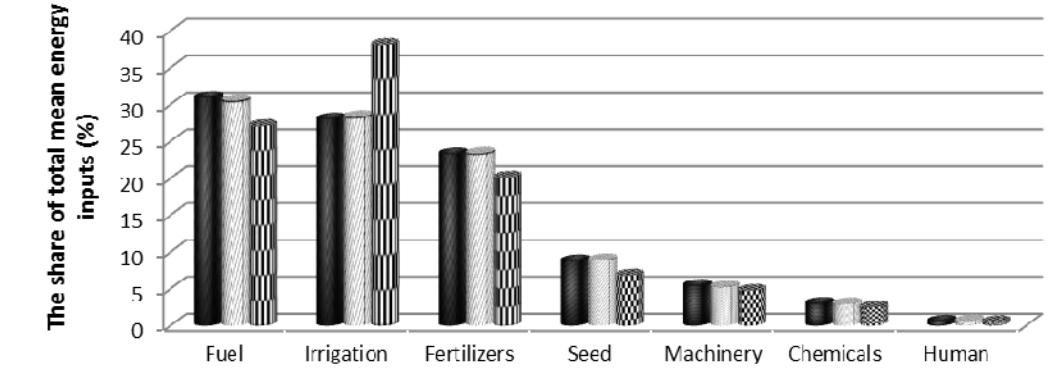
انرژی سوخت (گازوئیل، بنزین و روغن) در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۷۶۳۴/۰۲، ۷۴۳۲/۴۱ و ۷۲۳۹/۸۳ مگاژول در هکتار به دست آمد (جدول ۲). انرژی سوخت در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی به ترتیب با ۳۰/۹۲ و ۳۰/۵۲٪ بیشترین سهم را از کل انرژی ورودی داشت (شکل ۱). در نظام بهره‌برداری دولتی سهم انرژی سوخت از انرژی ورودی با ۲۷/۱٪ بعد از انرژی آبیاری در رتبه دوم قرار داشت. نظام بهره‌برداری دولتی به عنوان یک نظام تولید صنعتی سهم انرژی سوخت کمتری نسبت به دو نظام بهره‌برداری دیگر دارد و این نشان می‌دهد که تولید سویا در دشت مغان حتی در نظام بهره‌برداری خصوصی که به عنوان یک نظام تولید غیرصنعتی مطرح است به صورت مکانیزه صورت می‌گیرد. دلیل این تفاوت یکپارچه بودن و شکل هندسی مناسب مزارع (افزایش راندمان مزرعه‌ی ماشین آلات) و تناسب ماشین آلات با عملیات‌ها مختلف در نظام بهره‌برداری دولتی است. در سال‌های اخیر سهم انرژی فسیلی در کشاورزی به علت صنعتی شدن تولید افزایش یافته است و باعث بروز عوارض‌های زیست محیطی از قبیل گرم شدن زمین، بارش باران‌های اسیدی و افزایش غلظت‌های دی اکسید کربن در جو شده است. در مطالعه مشابهی برای تولید سویا در استان گلستان سهم سوخت دیزل ۶۴٪ به دست آمد (Ramedani et al., 2011). انرژی آبیاری مجموع انرژی آب مصرفی و انرژی الکتریسیته محاسبه گردید. سهم انرژی آبیاری از کل انرژی ورودی در نظام بهره‌برداری دولتی نسبت به نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی به ترتیب ۱۰/۱۲ و ۹/۷۹٪ بیشتر است. استفاده از انرژی الکتریسیته برای پمپاژ آب و به کارگیری سیستم‌های آبیاری بارانی در نظام بهره‌برداری دولتی عامل وجود این اختلاف است. آبیاری در میان فعالیت‌های داخل مزرعه که انرژی مستقیم نیاز دارند، بیشترین مصرف انرژی را دارد (Koocheki & Hoseini, 1994). مصرف بی رویه کودهای شیمیایی یکی دیگر از عوامل اصلی تهدید سلامت بوم‌نظام‌های کشاورزی به شمار می‌رود. سهم انرژی کودهای شیمیایی در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۲۳/۳، ۲۳/۴ و ۲۰/۱۲٪ به دست آمد. مهمترین عامل کاهش مصرف کود در نظام بهره‌برداری دولتی، مصرف کود به صورت کود آبیاری و پخش

یکنواخت آن در مزرعه است. برای تولید گندم در استان کردستان نظام بهره‌برداری دهقانی با ۲۲۲/۴۶ کیلوگرم در هکتار کمترین میزان استفاده از کودهای شیمیایی را داشت (Tupchi et al., 2011) که نشان می‌دهد، شیوه تولید در نظام‌های بهره‌برداری دو منطقه متفاوت بوده و وابسته به عوامل مدیریتی و ساختاری نظام‌های بهره‌برداری می‌باشد. سهم انرژی بذر از کل انرژی در نظام بهره‌برداری دولتی نسبت به نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی به ترتیب ۱/۹۹ و ۲/۱٪ کمتر به دست آمد که از دلیل آن استفاده از بذر گواهی شده با قوه نامیه بالا و کشت به صورت خشکه‌کاری است. طبق تحقیقات محققین در استان گلستان و مازندران سهم انرژی بذر در تولید سویا از کل انرژی ۶/۱۱٪ محاسبه گردید (Dehshiri & Aghaalikhani, 2012). مهمترین عامل افزایش بذر مصرفی در منطقه مغان، کشت سویا با دستگاه‌های خطی‌کار و عمیق‌کارهای دیم است. انرژی ماشین آلات در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱۳۴۲/۵۳، ۱۲۸۵/۰۸ و ۱۲۷۱/۱۲ مگاژول در هکتار تعیین شد. نظام بهره‌برداری تعاونی با ۱۷/۱۲ ساعت در هکتار بیشترین و نظام بهره‌برداری خصوصی با ۱۶/۰۴ ساعت در هکتار کمترین میزان استفاده از ماشین آلات را دارند که با نتایج تحقیق در استان کردستان برای تولید گندم مطابقت دارد (Tupchi et al., 2011). انرژی سموم شیمیایی در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۷۵۶/۷۶، ۷۱۹/۲۱ و ۶۶۴/۷ مگاژول در هکتار محاسبه گردید.

جدول ۲- میانگین مقدار نهاده‌ها در تولید سویا برای نظام‌های بهره‌برداری

Table 2- Mean amounts of inputs in soybean production for utilization systems

نهاده‌ها (واحد) Inputs (unit)	مقدار نهاده در هر هکتار و (انرژی مصرفی مگاژول بر هکتار) Amounts of inputs per hectare and (energy consumption MJ.ha^{-1})					
	تعاونی Cooperative		خصوصی Private		دولتی Governmental	
	مقدار نهاده Amounts of input	انرژی Energy	مقدار نهاده Amounts of input	انرژی Energy	مقدار نهاده Amounts of input	انرژی Energy
سوخت (L) Fuel (L)	135.57	7634.02	135.14	7432.41	128	7239.83
آب (متر مکعب) Water (m^3)	6828.57	6965.14	6755.55	6890.66	6271.4	6396.85
کودها (کیلوگرم) Fertilizers (kg)	127.3	5783.66	126.32	5696.47	120.32	5477.8
الکتریسیته (کیلووات بر ساعت) Electricity (kW.h^{-1})	-----	-----	-----	-----	317.85	3809.07
بذر (کیلوگرم) Seed (kg)	148.92	2189.25	147.77	2172.33	123.92	1821.75
ماشین‌ها (h) Machinery (h)	17.12	1342.53	16.04	1285.08	16.11	1271.12
سموم شیمیایی (کیلوگرم) Chemicals (kg)	4.42	756.76	4.43	719.21	4.31	664.7
نیروی انسانی (h) Human labor (h)	73.5	144.62	75.55	148.58	5264	103.16
کل انرژی (مگاژول بر هکتار) Total energy (MJ. ha^{-1})	-----	24815.98	-----	24317.74	-----	26784.28



شکل ۱- سهم نهاده‌ها از انرژی ورودی کل در تولید سویا برای نظام‌های بهره‌برداری

Fig. 1- The share of inputs of total input energy in soybean production for utilization systems

نظام بهره‌برداری خصوصی با وجود مصرف سموم بیشتر (۴/۴۳ کیلوگرم در هکتار)، انرژی کمتری نسبت به نظام بهره‌برداری تعاونی دارد. علت آن مصرف علف‌کش بیشتر (دارای هم‌ارز انرژی بالاتری نسبت به حشره‌کش) توسط نظام بهره‌برداری تعاونی است. برای تولید سویا در شرایط آب و هوای استان گلستان، انرژی سموم ۲۳۳/۹۳ مگاژول محاسبه گردید (Ramedani et al., 2011). انرژی نیروی انسانی جزء انرژی بیولوژیک است و بوم‌نظام‌های کشاورزی عمدتاً به این انرژی‌ها متّکی هستند. انرژی نیروی انسانی در نظام‌های بهره-برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱۴۴/۶۲، ۱۴۸/۵۸ و ۱۰۳/۱۶ مگاژول در هکتار به دست آمد. نظام بهره‌برداری خصوصی انرژی نیروی انسانی بیشتری در مراحل آبیاری، وجین و برداشت داشته است. برای تولید گندم در استان کردستان میزان اشتغال در نظام‌های بهره‌برداری دهقانی با ۱۴/۱۸ نفر روز در هکتار بالاتر از نظام‌های بهره‌برداری دولتی و تعاونی گزارش گردید (Tupchi et al., 2011) که با نتایج تحقیق حاضر سازگار بود.

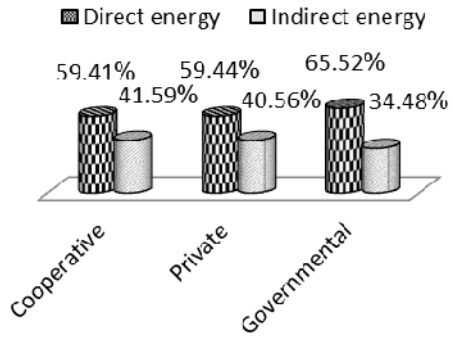
سهم انواع انرژی از کل انرژی مصرفی تولید سویا در نظام‌های بهره‌برداری

مقدار مصرف انرژی مستقیم در سه نظام بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱۴۷۴۳/۷۸، ۱۴۴۷۱/۶۵ و ۱۷۵۴۸/۹۱ مگاژول در هکتار محاسبه شد (جدول ۳). سهم انرژی مستقیم در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۵۹/۴۱، ۵۹/۴۴ و ۶۵/۵۲٪ به دست آمد (شکل ۲). انرژی آبیاری (آب آبیاری و الکتریسیته) جزء انرژی‌های مستقیم به شمار می‌رود و مصرف این انرژی در نظام بهره‌برداری دولتی بیشتر است. سهم انرژی غیر مستقیم در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۴۰/۵۹، ۴۰/۵۶ و ۳۴/۴۸٪ محاسبه گردید. مصرف انرژی‌های غیرمستقیم در نظام بهره‌برداری دولتی نسبت به نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی به ترتیب ۶/۱۱ و ۶/۰۸٪ کمتر است که نشان می‌دهد این نظام بهره‌برداری از نهاده‌های مانند کودها، ماشین آلات و بذر کمتر استفاده می‌کند. بالا بودن انرژی غیر مستقیم در نظام بهره-برداری تعاونی نشان می‌دهد مصرف نهاده‌هایی مانند کود شیمیایی، ماشین آلات و بذر در این نظام بهره‌برداری بیشتر می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، می‌توان گفت عدم نیاز به مصرف الکتریسیته به عنوان منبع انرژی غیر مستقیم در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی باعث توازن بیشتر سهم انرژی مستقیم و غیر مستقیم در تولید سویا می‌باشد. استفاده از انرژی خورشیدی برای تامین انرژی الکتریسیته در نظام بهره‌برداری دولتی می‌تواند مصرف انرژی در این نظام را کاهش دهد. برای تولید سویا در استان گلستان و مازندران سهم انرژی مستقیم و غیر مستقیم به ترتیب ۶۸/۴ و ۳۱/۶٪ به دست آمد (Dehshiri & Aghaalikhani, 2012). در هر سه نظام بهره-برداری تعاونی، خصوصی و دولتی سهم انرژی تجدیدناپذیر به ترتیب با ۶۲/۵۳، ۶۲/۱۶ و ۶۸/۹۳٪ بیشتر از انرژی تجدیدپذیر است (شکل ۳).

جدول ۳- تقسیم بندی نوع انرژی مصرفی تولید سویا برای نظام‌های بهره‌برداری

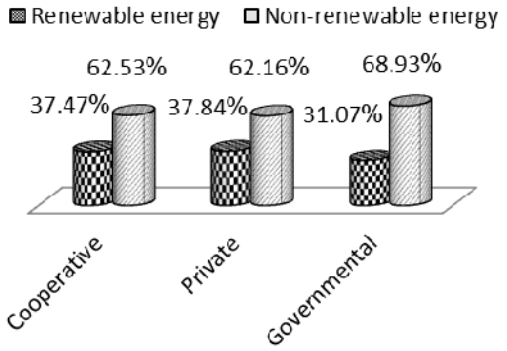
Table 3- Classification of energy consumed in soybean production for utilization systems

دولتی Governmental		خصوصی Private		تعاونی Cooperative		عنوان Item
درصد Percentage	انرژی (مگاژول بر هکتار) Energy ($MJ.ha^{-1}$)	درصد Percentage	انرژی (مگاژول بر هکتار) Energy ($MJ.ha^{-1}$)	درصد Percentage	انرژی (مگاژول بر هکتار) Energy ($MJ.ha^{-1}$)	
65.52	17548.91	59.44	14471.65	59.41	14743.78	انرژی مستقیم Direct energy
34.48	9235.37	40.56	9846.09	41.59	10072.2	انرژی غیرمستقیم Indirect energy
31.07	8321.76	37.84	9211.57	37.47	9299.01	انرژی تجدیدپذیر Renewable energy
68.93	18462.52	62.16	15106.17	62.53	15516.97	انرژی تجدیدناپذیر Nonrenewable energy



شکل ۲- سهم انرژی مستقیم و غیرمستقیم از کل انرژی

Fig. 2- The share of direct and indirect energies from total energy input



شکل ۳- سهم انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از کل انرژی

Fig. 3- The share of renewable and non-renewable energies from total energy input

این امر بیانگر وابستگی این نظام‌ها به منابع تجدیدناپذیر انرژی است. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به جای منابع تجدیدناپذیر در پایداری نظام‌های تولید ضروری می‌باشد. این یافته با نتایج مطالعه (Asgharipour et al., 2012; Banaeian & Namdari., 2011) هم راستا بود.

بررسی شاخص‌های انرژی در سه نظام بهره‌برداری

انرژی خروجی در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۴۱۹۴۷/۵، ۳۹۹۴۸/۶۱ و ۴۳۶۲۷/۵ مگاژول در هکتار محاسبه گردید (جدول ۴). نظام بهره‌برداری خصوصی انرژی خروجی کمتری به دلیل عملکرد پایین دارد. از دلایل آن می‌توان به خرد بودن اراضی و داشتن شغل‌های جانبی دیگر عملکرد در این نظام بهره‌برداری اشاره کرد. برای تولید گندم در استان کردستان نیز نظام بهره‌برداری دهقانی (خصوصی) کمترین میزان عملکرد را به خود اختصاص داد (Tupchi et al., 2011). کارآیی انرژی تولید سویا در سه نظام بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱/۶۸، ۱/۶۳و ۱/۶۲ به دست آمد. کارآیی انرژی تولید سویا در تناوب با گندم در خاکورزی مرسوم، کم خاکورزی و بدون خاکورزی به ترتیب ۳، ۳/۲ و ۳/۲ به دست آمد (Singh et al., 2008). از دلایل اصلی وجود تفاوت در نتایج دو مطالعه می‌توان به شرایط اقلیمی منطقه، تفاوت

خاکورزی و تفاوت نوع کشت (آبی و دیم) اشاره کرد. در این تحقیق مقدار بهره‌وری انرژی در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۰/۱۱۴، ۰/۱۱۱ و ۰/۱۱۰ کیلوگرم مگاژول محاسبه گردید. یعنی به ازای هر مگاژول انرژی نهاده مصرفی، به ترتیب در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی ۰/۱۱۴، ۰/۱۱۱ و ۰/۱۱۰ کیلوگرم ستانده (سویا) تولید شده است. هرچه این نسبت‌ها بزرگتر باشد، نشانگر بهره‌وری بالاتر انرژی مصرفی می‌باشد. بهره‌وری انرژی تولید سویا در استان گلستان ۰/۱۶ کیلوگرم مگاژول به دست آمد (Ramedani et al., 2011). شاخص انرژی خالص برای نظام-های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱۷۱۱۶/۱۲، ۱۵۵۹۶/۰۵ و ۱۶۸۴۶/۹۸ مگاژول در هکتار به دست آمد. مثبت بودن انرژی خالص در هر سه نظام بهره‌برداری نشان می‌دهد که تولید محصول سویا در منطقه دارای کارآیی مصرف انرژی است. انرژی ویژه برای نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۸/۷، ۸/۹۵ و ۹/۰۱ مگاژول کیلوگرم محاسبه گردید. یعنی به ازای تولید هر کیلوگرم سویا در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۸/۷، ۸/۹۵ و ۹/۰۱ مگاژول انرژی صرف شده است. نظام بهره‌برداری تعاونی در همه شاخص‌های انرژی از وضعیت بهتری نسبت به نظام‌های بهره‌برداری خصوصی و دولتی برخوردار است. مهمترین دلیل آن عملکرد بیشتر نسبت به نظام بهره‌برداری خصوصی و مصرف انرژی کمتر نسبت به نظام بهره‌برداری دولتی می‌باشد.

برآورد مدل اقتصادی جهت بررسی اثر انرژی نهاده‌ها روی عملکرد سویا در نظام‌های بهره‌برداری

مدل رگرسیونی و ضرایب (کشش تولید) متغیرهای مستقل مربوط به نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب در جداول ۵، ۶ و ۷ آمده است. ضریب تبیین (R^2) مدل‌ها به ترتیب ۰/۹۶، ۰/۹۳ و ۰/۹۶ به دست آمد. خود همبستگی بین داده‌ها توسط آزمون دوربین- واتسون مورد آزمون قرار گرفت و مقدار این آماره برای مدل‌های مربوط به نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۲/۹۲، ۱/۷۴ و ۲/۴۱ به دست آمد که وجود خود همبستگی بین جملات را در سطح پنج درصد رد می‌کرد. در هر سه نظام بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی کشش تولیدی آبیاری به ترتیب با ۱/۴۱، ۱/۵۰ و ۱/۵۰ بیشترین تأثیر مثبت و معنی‌دار را روی عملکرد سویا دارد و با فرض ثابت گرفتن سایر متغیرها با افزایش یک درصد در استفاده از انرژی آبیاری در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی عملکرد سویا به ترتیب به مقدار ۱/۴۱، ۱/۵۰ و ۱/۵۰٪ افزایش خواهد یافت. سویا یکی از گیاهان حساس به کمبود آبیاری است و تولید این محصول در شرایط آب و هوایی منطقه مغان اهمیت این موضوع را دو چندان می‌کند.

جدول ٤- شاخص‌های انرژی تولید سویا در نظام‌های بهره‌برداری
Table 4- Energy indicators of soybean production in utilization systems

دولتی Governmental	خصوصی Private	تعاونی Cooperative	شاخص انرژی (واحد) Energy Index (unit)
2971.42	2718.51	2853.57	عملکرد (کیلوگرم بر هکتار) Yield ($kg.ha^{-1}$)
43627.5	39948.61	41947.5	انرژی خروجی (مگاژول بر هکتار) Output energy ($MJ.ha^{-1}$)
26784.28	24317.74	24815.98	کل انرژی ورودی (مگازول بر هکتار) Input energy ($MJ.ha^{-1}$)
1.62	1.63	1.68	نسبت انرژی Energy use efficiency
0.110	0.111	0.114	بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) Energy productivity ($kg.MJ^{-1}$)
16846.98	15596.05	17116.12	افزوده خالص انرژی (مگاژول بر هکتار) Net energy ($MJ.ha^{-1}$)
9.01	8.95	8.7	شدت انرژی (مگاژول بر کیلوگرم) Specific energy ($MJ.kg^{-1}$)

بنابراین بدیهی است که تأمین آب مورد نیاز گیاه تأثیر مثبت روی عملکرد خواهد داشت. در شرایط آب و هوایی گلستان نیز آبیاری تأثیر مثبت روی عملکرد سویا داشت (Ramedani et al., 2011). در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی تأثیر نیروی انسانی با کشش‌های تولیدی ۰/۴۳ و ۰/۱۹ روی عملکرد سویا مثبت و معنی‌دار به دست آمد. نیروی انسانی در عملیات‌های وجین، آبیاری و پخش کود سرک نقش زیادی در این دو نظام بهره‌برداری دارد. بنابراین انتظار می‌رود که با افزایش استفاده از نیروی انسانی در مراحلی چون وجین و آبیاری میزان عملکرد افزایش یابد. اثر انرژی نیروی انسانی روی عملکرد چغندرقند (Beta vulgaris) در خراسان رضوی نیز مثبت و معنی‌دار گزارش گردید (Asgharipour et al., 2012). در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی کشش تولیدی بذر مصرفی ۰/۵۷- و ۰/۴۱- به دست آمد. بنابراین با فرض ثابت گرفتن سایر متغیرها با افزایش ۱٪ در انرژی بذر مصرفی مقدار عملکرد در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۴۱٪ کاهش می‌یابد. میزان بذر مصرفی در نظام بهره‌برداری تعاونی و خصوصی بیشتر از مقدار بهینه است که علت‌های مختلفی چون وجود بقایای محصول قبلی در هنگام کشت، رطوبت بالای خاک در هنگام کشت و عدم وجود ردیف‌کار مناسب برای کشت دارد. در نظام بهره‌برداری دولتی و خصوصی تأثیر ماشین آلات به ترتیب با کشش‌های تولیدی ۱/۴۲ و ۰/۳۴ روی عملکرد مثبت و معنی‌دار به دست آمد. در منطقه مغان از ماشین آلات در تمام مراحل تولید سویا استفاده می‌شود. بنابراین از عناصر اصلی تولید در نظام‌های بهره‌برداری به شمار می‌رود. جمع ضرایب در تابع تولید کاب داگلاس بازده به مقیاس را نشان می‌دهد. بازده به مقیاس مدل‌های مربوط به نظام‌های بهره‌برداری تعاونی، خصوصی و دولتی به ترتیب ۱/۸۷، ۱/۶۲ و ۳/۵۱ محاسبه شد و چون این اعداد بزرگتر از یک است، بازده به مقیاس‌ها فزاینده است و در صورت افزایش وسعت کشت سویا در نظام‌های بهره‌برداری در میزان انرژی مصرفی صرفه‌جویی خواهد شد. این وضعیت در مطالعات دیگر نیز وجود داشته است (Ramedani et al., 2011; Royan et al., 2012).

نتیجه‌گیری

از کل انرژی مصرفی برای تولید سویا در نظام‌های بهره‌برداری تعاونی و خصوصی، سوخت به ترتیب با ۳۰/۹۲ و ۳۰/۵۲٪ بیشترین سهم دارد. در نظام بهره‌برداری دولتی آبیاری با ۳۸/۱۱٪ بیشترین سهم و به‌دنبال آن انرژی سوخت با ۲۷/۱۱٪ در رتبه‌ی دوم بیشترین سهم از انرژی مصرفی تولید سویا قرار گرفته است.

جدول ۵- برآورد اقتصادسنجی اثر انرژی نهاده‌ها روی عملکرد در نظام بهره‌برداری تعاونی

Table 5- Econometric estimation results of energy inputs on yield in cooperative utilization system

$$\ln Y = -7.59 + 1.41\ln(X_2) + 0.43\ln(X_3) - 0.57\ln(X_6) + 0.60\ln(X_7)$$

متغیرها Variables	ضرایب Coefficient	آماره t t-Ratio
آبیاری (X_2) Irrigation (X_2)	1.41	6.59**
نیروی انسانی (X_3) Human labor (X_3)	0.43	4.42**
بذر (X_6) Seed (X_6)	−0.57	−3.20*
سوخت (X_7) Fuel (X_7)	0.60	2.40*
دوربین- واتسون Durbin–Watson	2.92	
R^2	0.96	
RTS ($\sum_{i=1}^{7} Y_i$)	1.87	

**** و *: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد**

**** and *: Significant at 1% and 5% levels, respectively.**

جدول ٦- برآورد اقتصادسنجی اثر انرژی نهاده‌ها روی عملکرد در نظام بهره‌برداری خصوصی

Table 6- Econometric estimation results of energy inputs on yield in private utilization system

$$\ln Y = -5.57 + 0.34\ln(X_1) + 1.50\ln(X_2) + 0.19\ln(X_3) - 0.41\ln(X_6)$$

آماره t t-Ratio	ضرایب Coefficient	متغیرها Variables
	0.34	ماشین آلات (X_1) Machinery (X_1)
4.74**		
	1.50	آبیاری (X_2) Irrigation (X_2)
5.36**		
	0.19	نیروی انسانی (X_3) Human labor (X_3)
7.46**		
	−0.41	بذر (X_6) Seed (X_6)
−6.56**		
	1.74	دوربین- واتسون Durbin–Watson
	0.93	R^2
	1.62	RTS ($\sum_{i=1}^{n} Yi$)

****: معنی دار در سطح یک درصد**

****: Significant at 1%**

جدول ۷- برآورد اقتصادسنجی اثر انرژی نهاده‌ها روی عملکرد در نظام بهره‌برداری دولتی

Table 7- Econometric estimation results of energy inputs on yield in governmental utilization system

$$\ln Y = -19.38 + 1.42\ln(X_1) + 1.50\ln(X_2) + 0.59\ln(X_6)$$

آماره t t-Ratio	ضرایب Coefficient	متغیرها Variables
2.92 *	1.42	ماشین آلات (X_1) Machinery (X_1)
6.90**	1.50	آبیاری (X_2) Irrigation (X_2)
2.50*	0.59	بذر (X_6) Seed (X_6)
	2.41	دوربین- واتسون Durbin–Watson
	0.96	R^2
	3.51	RTS ($\sum_{i=1}^{n} Yi$)

**** و *: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد**

**** and *: Significant at 1% and 5% levels, respectively.**

علت این اختلاف استفاده از انرژی الکتریسیته برای به کارگیری دستگاه آبیاری و پمپ کردن آب در نظام بهره‌برداری دولتی معرفی گردید. میزان بذر مصرفی در هر سه نظام بهره‌برداری در مقایسه با سایر مناطق بیشتر است. مهمترین علت آن کشت با دستگاه‌های خطی‌کار، و در برخی مواقع استفاده از بذر محلی به ویژه در نظام بهره‌برداری خصوصی عنوان شد. با تخمین کشش‌های تولید در سه نظام بهره‌برداری، آبیاری مؤثرترین نهاده برای تولید سویا معرفی گردید. نظام بهره‌برداری تعاونی از بعد شاخص‌های انرژی نظام برتر معرفی گردید. با این حال نظام بهره‌برداری دولتی به جهت کاهش مصرف برخی نهاده‌ها و نظام بهره‌برداری خصوصی از بعد اجتماعی (اشتغال زایی) دارای مزیت هستند. در راستای کاهش مصرف سوخت، استفاده از ماشین آلات ترکیبی که قادر به انجام چند کار همزمان می‌باشند و یا اجرای سیستم‌های شخم حداقل توصیه می‌شود. برای کاهش انرژی آبیاری در نظام بهره‌برداری دولتی، سرویس منظم دستگاه‌های آبیاری، تعویض الکتروموتورها و پمپ‌های فرسوده و همچنین برنامه‌ریزی برای استفاده از انرژی‌های خورشیدی در بلندمدت می‌تواند در پایداری این نظام مفید واقع شود. جهت کاهش بذر مصرفی، طراحی ردیف‌کار مناسب برای منطقه که قابلیت کشت

در بقایای باقیمانده از محصول قبل را داشته باشد ضروری به نظر می‌رسد. برای بهره‌برداری بهتر و جلوگیری از هدر رفت آب از کانال‌های بتنی برای انتقال آب به مزارع و تسطیح مزارع استفاده شود. پیشنهاد می‌شود به جای ترجیح دادن نظام‌های بهره‌برداری به یکدیگر برنامه‌ریزی لازم جهت تعامل بیشتر نظام‌ها و ایجاد نظام‌های تولید بوم سازگار فراهم گردد.

منابع

Aazamzadehshuraki, M., Khalilyan, S., and Mortazavi, A. 2010. Select the production function and estimate the importance of the energy in agriculture section. Journal of Agricultural Economics and Development 19: 208-229. (In Persian)

Ajabshirchi, Y., Taki, M., Ghobadifar, A., and Ranjbar, A. 2010. Evaluation of energy consumption performance in dryland wheat by data envelopment analysis in Plain Silakhor. Journal of Agricultural Machinery 2: 122-132. (In Persian)

Asgharipour, M.R., Mondani, F., and Riahinia, S. 2012. Energy use efficiency and economic analysis of sugar beet production system in Iran: A case study in Khorasan Razavi province. Energy 44: 1078-1084.

Banaeian, N., and Namdari, M. 2011. Effect of ownership on energy use efficiency in watermelon farms– A Data Envelopment Analysis Approach. Renewable Energy Research 1: 75-82.

Cetin, C., and Vardar, A. 2008. An economic analysis of energy requirements and input costs for tomato production in Turkey. Renewable Energy 33: 428-433.

Dehshiri, A., and Aghaalikhani, M. 2012. Input-output and economic analysis of soybean production in the main cultivation areas in Iran. African Journal of Agricultural Research 7: 4894-4899.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani, S., Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88: 283-288.

Kitani, O. 1999. CIGR, Handbook of Agricultural Engineering. Vol. 5. Energy and Biomass Engineering. ASAE publication, St Joseph, MI.

Koocheki, A., and Hosseini, M. 1994. Energy Efficiency in Agricultural Ecosystems. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)

MousaviAvval, H., Rafiee, S., Jafari, A., and Mohammadi, A. 2011. Optimization of energy consumption for soybean production using Data Envelopment Analysis (DEA) approach. Applied Energy 88: 3765-3772.

Mohammadi, A., and Omid, M. 2010. Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. Applied Energy 87: 191-196.

Modaresrazavi, M. 2008. Agricultural machinery management. Ferdowsi University Publication, Mashhad, Iran. (In Persian).

Royan, M., Khojastehpour, M., Emadi, B., and Ghasemi Mobtaker, H. 2012. Investigation of energy inputs for peach production using sensitivity analysis in Iran. Energy Conversion and Management 64: 441-446.

Ramedani, Z., Rafiee, S., and Heidari, M.D. 2011. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. Energy 36: 6340-6344

Soleymanzade, H., and Habibi, D. 2012. Phenology relationship and physiological traits with canola yield in the Moghan. Journal of Agronomy and Plants Breeding 8: 55-62. (In Persian)

Safa, M., Samarasinghe, S., and Mshssen, M. 2011. A field study of energy consumption in wheat production in Canterbury, New Zeland. Energy Conversion and Management 52: 2526-2532.

Singh, K.P., Ved Prakash, K., and Srinivas, A.K. 2008. Effect of tillage management on energy-use efficiency and economics of soybean (*Glycine max*) based cropping systems under the rainfed conditions in North-West Himalayan Region. Soil and Tillage Research 100: 78-82.

Sartori, L., Basso, B., Bertocco, M., and Oliviero, G. 2005. Energy use and economic evaluation of three year crop rotation for conservation and organic farming in NE Italy. Biosystems Engineering 91: 245-256.

Tupchi, B., Rostami, F., and Khodabakhshi, A. 2011. Compare components of irrigated wheat production in peasant farming systems, commercial and co-production in Kurdistan province. Iranian Journal of Economics and Agricultural Development 42: 219-229. (In Persian)

Unakitan, G., Hurma, H., and Yilmaz, F. 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. Energy 35: 3623-3627.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۹۲۶-۹۱۶

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 916-926

پالایش گیاهی و تخمین زمان بهینه پالایش خاک‌های آلوده به کادمیم با استفاده از گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)

سمیه عیسی زاده لزرجان[۱]، صفورا اسدی کپورچال[۲*] و مهدی همایی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰٤/۳۰

چکیده

پالایش گیاهی یکی از راه‌های آلودگی‌زدایی خاک است که به دلیل استفاده از گیاهان بیش‌اندوز بازده بالایی دارد. هدف از انجام این پژوهش، بررسی امکان آلودگی‌زدایی خاک‌های آلوده به کادمیم با استفاده از گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) و تعیین دامنه کارآیی گیاه پالایی آن بود. به همین منظور، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار شامل شاهد، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم کادمیم در کیلوگرم خاک و سه تکرار انجام شد. پس از آلوده سازی خاک‌ها با سطوح مختلف کادمیم، بذر اسفناج در آن‌ها کاشته شد. گیاهان پس از طی دوره رشد کامل، برداشت شدند. غلظت کادمیم تجمع یافته در اندام‌های هوایی و ریشه گیاه و همچنین خاک تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار کادمیم موجود در خاک، مقدار افزایش غلظت کادمیم در ریشه‌ها به مراتب بیشتر از افزایش غلظت کادمیم در اندام‌های هوایی بود. بیشترین مقدار جذب در ساقه و ریشه به ترتیب ۷۳/۷ و ۷۵/۸۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. با توجه به توانایی اسفناج در جذب مقادیر زیاد کادمیم از ناحیه رشد ریشه و عملکرد گیاهی بالا و توانایی تجمع کادمیم در اندام‌های قابل برداشت، این گیاه برای پالایش سبز کادمیم گیاهی مناسب می‌باشد. لیکن با توجه به زمان پالایش و این که بیشترین مقدار ماده خشک تولید شده در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، بیشترین مقدار کادمیم استخراجی از اندام هوایی در یک هکتار در سال در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده و بنابراین گیاه اسفناج برای پاکسازی کادمیم از اعماق سطحی خاک و غلظت‌های متوسط کادمیم کارآیی بهتری دارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی خاک، استخراج گیاهی، فلزات سنگین، گیاه بیش‌اندوز

مقدمه

خاک یکی از اجزاء بیوسفر بوده و پالاینده طبیعت به شمار می‌آید. خاک، به عنوان بافر طبیعی نقشی مهم در کنترل و انتقال عناصر شیمیایی به اتمسفر، هیدروسفر و موجودات زنده ایفا می‌کند. آلودگی خاک از نظر ترکیب شیمیایی به آسانی قابل اندازه‌گیری نیست. آلودگی خاک و آب افزون بر مهلک بودن برای بشر، از طریق نفوذ عمقی آلاینده‌ها به آب‌های زیرزمینی موجب آلودگی این منابع آبی و تخریب کلی زیست بوم می‌گردد. منشأ بسیاری از آلودگی‌های آب و خاک، پس مانده‌های فاضلاب صنعتی و کارگاه‌ها است. افزایش این مواد به خاک می‌تواند دامنه‌ای وسیع از آلودگی‌های متفاوت فیزیکی، شیمیایی و زیستی را ایجاد کند. درجه این تغییرات بستگی به نوع تولیدات صنعتی کارخانه‌ها متفاوت است (Brooks, 1994).

آلودگی خاک به عناصر سنگین از مهمترین مشکلات زیست محیطی در بسیاری از نقاط جهان می‌باشد (Salt et al., 1995). فعالیت‌های آتشفشانی، آتش سوزی جنگل‌ها، هوازدگی سنگ‌ها و کانی‌ها از جمله عوامل طبیعی هستند که باعث آلودگی زیست بوم به فلزات سنگین می‌شوند. فعالیت‌های حفاری و معدن‌کاوی، کارخانجات ذوب فلز و سوزاندن زباله و مواد زائد، ترافیک، مصرف سوخت‌های فسیلی در کارخانجات، مصرف حشره‌کش‌ها، کودهای شیمیایی و لجن فاضلاب در کشاورزی از جمله منابع انسانی آلاینده زیست بوم به فلزات سنگین به حساب می‌آیند. در حال حاضر مقدار فلزات سنگین آزاد شده در محیط زیست از منشأ انسانی به مراتب بیشتر از منشأ طبیعی می‌باشد (Asadi Kapourchal et al., 2009). آلودگی

۱، ۲ و ۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، استادیار گروه علوم خاک دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: safooraasadi@guilan.ac.ir)

زمین‌های کشاورزی و مراتع با فلزات سنگین و انتقال این عناصر از خاک به محصولات کشاورزی و دامی می‌تواند باعث ورود فلزات سنگین به چرخه مواد غذایی انسان از طریق مصرف فرآورده‌های کشاورزی و دامی گردد. از میان فلزات سنگین کادمیم دارای اهمیت ویژه‌ای است، زیرا ریشه گیاهان آن را جذب کرده و سمیت کادمیم برای گیاه تا ۲۰ برابر سایر فلزات می‌باشد (Jafarnejadi et al., 2011). کادمیم از طریق معدن کاری، صنعت، سوخت های فسیلی و ضایعات صنعتی وارد هوا می‌شود. ترکیبات کادمیم در هوا می‌تواند فواصل طولانی را پیش از ورود به آب یا خاک طی کند. همچنین، کودهای فسفری دارای مقادیر زیادی کادمیم هستند که باعث تجمع زیاد این فلز سنگین آلاینده در خاک خواهند شد (Lefèvre et al., 2009). کادمیم از طریق ریختن ضایعات خطرناک وارد آب و خاک می‌شود و پیوند محکمی با ترکیبات خاک ایجاد می‌کند (Jafarnejadi et al., 2013).

پالایش گیاهی[1] یکی از روش‌های زیست پالایی[2] خاک می‌باشد که در دهه‌های اخیر مورد توجه فراوان قرار گرفته است. این روش در مقایسه با دیگر روش‌های پالایش، روشی پایدار، ارزان، ساده و دوستدار زیست بوم است. در این روش، از گیاهان بیش‌اندوز برای پالایش خاک‌های آلوده (بدون تخریب ساختمان خاک) استفاده می‌شود. گیاهان بیش‌اندوز گیاهانی با سرعت رشد زیاد، زیست توده بالا و قابلیت تحمل غلظت زیاد فلزات در بخش‌های قابل برداشت گیاهی (>۱۰۰۰ ppm) بوده که قادر به انتقال و تجمع در بافت‌های ذخیره‌ای می‌باشند. رشد آهسته، سیستم ریشه‌ای کم عمق و تولید زیست توده کم امکان استفاده از گونه‌های بیش‌اندوز را محدود می‌کند (Brooks, 1994). گیاه با برداشت و یا تجزیه ترکیبات آلاینده در ریشه، جذب انتخابی فلزات و تجمع در بافت خویش و یا فرا رفت آلاینده به نیوار، موجب کاهش آلاینده می‌شود. نظریه کاربرد گیاهان بیش اندوز در سال ۱۹۸۳ عنوان گردید لیکن در حقیقت این مفهوم از حدود ۳۰۰ سال گذشته به کار گرفته می‌شد (Henry, 2000).

حداقل ۴۵ خانواده به عنوان بیش‌اندوز شناسایی شده است که اغلب خانواده‌های Brassicaceae, Fabaceae, Euphorbiaceae, Lamiaceae, Asteraceae و Scrophulariaceae را شامل می‌شوند (Salt et al., 1997; Dushenkov, 2003). فرم قابل جذب کادمیم توسط گیاه کاملاً مشخص نشده ولی به نظر می‌رسد که ریشه عمدتاً یون فلزی آزاد را از محلول خاک جذب می‌کند. مقدار کادمیمی که از ریشه به ساقه، برگ و اندام‌های هوایی حرکت می‌کند بستگی به عواملی چند از جمله گونه گیاهی، نوع خاک و غلظت اولیه کادمیم موجود در خاک دارد (Taylor & Percival, 2001; Glick, 2003).

گیاه پالایی و نقش عناصر سنگین در ایجاد آلودگی‌های زیست محیطی و ورود آن‌ها به چرخه غذایی انسان و دام از دیدگاه‌های متفاوتی توسط پژوهشگران مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (Panahpoor et al., 2008; Davari et al., 2010; Jafarnejadi et al., 2011; Babaeian et al., 2012; Jafarnejadi et al., 2012). در ایران نیز پژوهش‌هایی پیرامون پالایش گیاهی انجام شده است که برخی آلاینده‌های آلی (Nouri, 2014) و برخی آلاینده‌های معدنی را مورد مطالعه قرار داده‌اند (Dalalian & Homaee, 2011; Babaeian & Homaee, 2011). بیشتر این پژوهش‌ها بر امکان آلودگی‌زدایی خاک‌ها با استفاده از گیاهان بیش‌اندوز متمرکز بوده‌اند (Babaeian & Homaee, 2011). اغلب این پژوهش‌ها بر این نکته اتفاق نظر دارند که پالایش گیاهی هر چند روشی نسبتاً مؤثر برای آلودگی‌زدایی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین است، لیکن گیاهانی که در چنین خاک‌هایی کشت می‌شوند به هیچ عنوان نباید وارد چرخه غذایی انسان و دام شوند (Asadi kapourchal et al., 2009; Khodaverdiloo & Homaee, 2008a; Jafarnejadi et al., 2013). پژوهش‌های انجام شده پیرامون ارزیابی ویژگی‌های مؤثر خاک بر وضعیت غلظت کادمیم در خاک نشان داد که ویژگی‌های ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار مواد آلی خاک نسبت به دیگر ویژگی‌های خاک تأثیر بیشتری بر میزان حلالیت کادمیم خاک (کل و قابل جذب) داشته و مواد آلی بر خلاف مقدار اندک، نقش مهمی را در حلالیت کادمیم در خاک‌های مورد مطالعه دارند (Jafarnejadi et al., 2012). نتایج مطالعات درباره توان بیش‌اندوزی شاهی (*Lepidium sativum* L.) برای پالایش خاک‌های آلوده به کادمیم نشان داد که ریشه گیاه شاهی نسبت به اندام هوایی آن از قدرت بیش‌اندوزی بیشتری برخوردار بوده و می‌توان از ریشه شاهی به عنوان بیش‌اندوز کادمیم استفاده کرد. بنابراین با توجه به این‌که شاهی گیاهی با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالا می‌باشد، می‌توان از این گیاه به عنوان گیاهی بیش‌اندوز برای پالایش خاک‌های آلوده به کادمیم استفاده کرد (Mohammadipour & Asadi Kapourchal, 2012).

1- Phytoextraction
2- phytoremediation

پالایش گیاهی از دیدگاه مدل‌سازی هم مورد مطالعه قرار گرفته است و مدل‌های پالایش سبز به منظور شناخت بیشتر فرآیندهای حاکم بر پدیده‌ی پالایش و مدیریت خاک‌های آلوده به فلزات سنگین از اهمیت به سزایی برخوردار بوده و پژوهشگران مختلفی در این زمینه کار کرده‌اند (Khodaverdiloo & Homaee, 2008b; Davari & Homaee, 2012; Dalalian & Homaee, 2011). با توجه به این که پالایش گیاهی روشی ارزان و دوست‌دار زیست بوم است و تحقیقات انجام شده در مورد پالایش گیاهی در ایران نیز چندان فراوان نیست لذا، انجام تحقیقاتی به منظور شناسایی و معرفی گونه-های گیاهی مناسب برای پالایش گیاهی فلزات سنگین از خاک، لازم و ضروری است هدف از انجام این پژوهش ارزیابی توان بالقوه و کارآیی گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) برای پالایش گیاهی خاک‌های آلوده به کادمیم بود.

مواد و روش ها

در این پژوهش برای پالایش سبز کادمیم، گیاه اسفناج انتخاب گردید. این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار انجام شد. مقادیر کادمیم خاک شامل صفر (شاهد)، ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. با توجه به این که مناسب‌ترین بافت خاک برای کاشت اسفناج بافت سبک می‌باشد (Khodaverdiloo & Homaee, 2008b)، خاک‌های یکی از مزارع صیفی‌کاری منطقه شمال غرب شهرستان چالوس انتخاب و پس از هوا خشک شدن، از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند. سپس نمونه‌ها برای انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نظر به آزمایشگاه منتقل و تجزیه‌های مورد نظر بر روی آن‌ها انجام شد. اندازه‌گیری‌های انجام شده شامل pH عصاره اشباع خاک با دستگاه pH متر، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج، فراوانی نسبی اندازه ذرات خاک به روش هیدرومتری، جرم ویژه ظاهری خاک به روش سیلندر، غلظت کادمیم خاک با استفاده از روش عصاره‌گیری و مقدار ماده آلی خاک به روش واکلی و بلاک بود (جدول ۱).

برای رسیدن به سطوح آلودگی فوق، نخست، مقدار کادمیم لازم (از منبع نیترات کادمیم) برای آلوده سازی جرم مشخصی از خاک محاسبه و به نمونه‌های خاک اضافه شد. آزمایش‌های مربوط به زیست پالایی عموماً در مقیاس گلدانی انجام می‌شوند. زیرا، آلوده سازی خاک و حفظ بیلان جرمی آلاینده‌ها در درون سیستم طی دوره‌ی آزمایش بسیار مهم است. به همین دلیل امکان انجام چنین آزمایش‌هایی حتی در سطح کرت‌های بسیار کوچک نیز امکان‌پذیر نمی‌باشد. به همین دلیل در این پژوهش نیز همانند دیگر پژوهش‌های زیست پالایی امکان انجام آزمایش به صورت درجا وجود نداشت. بنابراین، آزمایش‌های لازم در لایسیمترهایی با قطر ۴۰ و ارتفاع ۵۰ سانتی‌متر انجام شد. بدین صورت که ابتدا مقدار خاک لازم برای هر یک از تیمارها و تکرارها تهیه و سپس مقدار آلاینده مورد نظر به آرامی و به صورت اسپری به خاک اضافه گردید. طی فرآیند مه پاشی، خاک‌ها به آرامی به هم زده شدند تا حداکثر اختلاط لازم بین خاک و آلاینده فراهم شود. سپس وزن معینی از خاک با جرم ویژه ظاهری $g.cm^{-3}$ ۱/۳۳ در درون لایسیمترها قرار داده شد. به منظور نزدیک‌تر شدن به شرایط واقعی، نمونه‌ها در فضای باز و نه در گلخانه نگهداری شدند تا گیاه در شرایط طبیعی‌تری رشد کند. در ته لایسیمترها سوراخ‌هایی تعبیه شد تا امکان زهکشی فراهم گردد. به منظور حفظ بیلان جرمی آب و آلاینده، آب خروجی از زهکش‌ها مجدداً از بالا به نمونه‌های خاک اضافه گردید.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of the experimental soil

واکنش عصاره اشباع pH_e	ماده آلی (درصد) OM (%)	کادمیم کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total Cd ($mg.kg^{-1}$)	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) EC_e ($dS.m^{-1}$)	جرم ویژه ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب) ρb ($g.cm^{-3}$)	بافت Texture	رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)
7.30	0.69	0.63	0.26	1.33	SCL	23.32	5.70	71.60

خاک‌های آلوده در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی قرار داده شدند و به مدت ۴۵ روز به منظور انجام برهمکنش‌های آلاینده و خاک رها گردیدند تا تعادل لازم بین خاک و آلاینده فراهم شود. سپس، کاشت بذرها در تیمارهای طراحی شده با تراکم کشت ۴۰ بذر در متر مربع انجام شد. آبیاری به گونه‌ای انجام شد که هیچ نوع تنش آبی رخ نداده و رطوبت در حد ظرفیت زراعی حفظ شود. با توجه به این که طول دوره رشد این گیاه ۴۰ روز می‌باشد، برای مقابله با انواع بیماری‌ها و آفات از هیچ گونه سمی استفاده نگردید. پس از طی دوره رشد رویشی اسفناج، نمونه‌های گیاهی برداشت و با آب مقطر شسته شده و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۵ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شدند (Khodaverdiloo & Homaee, Davari & Homaee, 2012 ;2008a). نمونه‌ها پس از خشک شدن با استفاده از آسیاب برقی با محفظه استیل، آسیاب شده و تا زمان عصاره‌گیری در ظروف پلاستیکی نگهداری شدند. به منظور شناسایی اثرات شکل‌های مختلف کادمیم در خاک بر جذب گیاهی آن توسط اسفناج، نخست با تجزیه اجزاء خاک، مقادیر مختلف کادمیم قابل دسترس مشخص شد. سپس، کادمیم موجود در نمونه‌های گیاه و خاک عصاره‌گیری و مقدار کادمیم نمونه‌ها به وسیله دستگاه‌های جذب اتمی (Shimadzu AA-670G) و پرتوسنجی نشری پلاسمایی جفت شده القایی (Varian Vista-PRO) اندازه‌گیری شد. نمونه‌هایی که غلظت فلز در آن‌ها از محدوده حساسیت دستگاه جذب اتمی کمتر بود با استفاده از دستگاه پرتوسنجی نشری پلاسمایی جفت شده القایی قرائت شدند. غلظت کادمیم موجود در گیاه به روش اکسیداسیون تر با نسبت حجمی یک، چهار و ۴۰ از مخلوط اسید نیتریک، اسید پرکلریک و اسید سولفوریک عصاره‌گیری گردید (Gupta, 2000; Greman et al., 2001). محاسبه زمان لازم برای پالایش گیاهی کادمیم با استفاده از فرمول ارائه شده توسط اسکنور (Schnoor, 1997) انجام شد. در نهایت به منظور بررسی قابلیت پالایش اسفناج و اثر میزان کادمیم موجود در خاک بر جذب توسط بخش‌های مختلف گیاه و دستیابی به مناسب‌ترین تیمار برای پالایش گیاهی، پارامترهای مقدار جذب و فاکتور انتقال محاسبه شد. مقدار جذب حاصل‌ضرب غلظت فلز در وزن ماده خشک اندام هوایی و فاکتور انتقال یک فلز یا شبه فلز عبارت از مقدار انباشت فلز در شاخساره به مقدار انباشت آن در ریشه گیاه می‌باشد (Barman et al., 2000; Gupta et al., 2008). در پایان، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) انجام و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

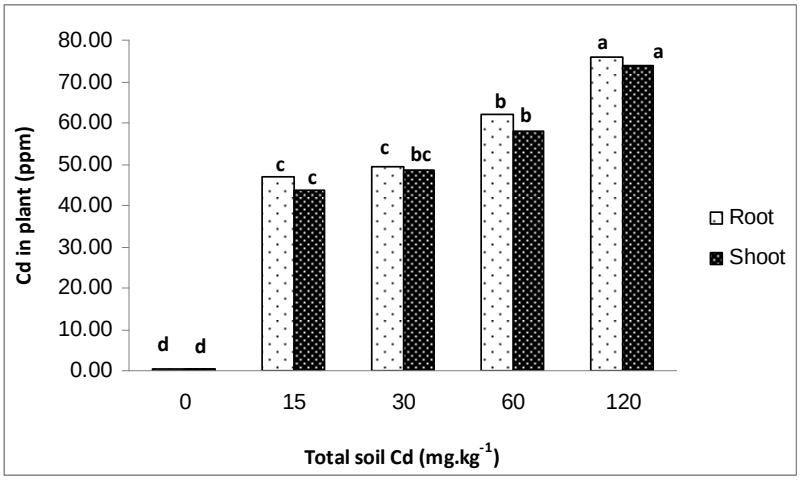
غلظت شکل‌های مختلف کادمیم موجود در خاک برای هر یک از تیمارهای ایجاد شده پس از برداشت نیز اندازه‌گیری گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که کمترین غلظت کادمیم مربوط به شکل محلول آن می‌باشد.

جدول ۲- غلظت کادمیم کل و محلول در تیمار های مختلف خاک
Table 2- Total and soluble cadmium concentrations in the experimental soil treatments

کادمیم محلول (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Soluble Cadmium (ppm)	کادمیم کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total cadmium (ppm)	تیمار (پی‌پی‌ام) Treatment (ppm)
0.03	0.63	0
0.04	10.36	15
0.06	19.46	30
0.10	41.01	60
0.35	52.01	120

غلظت کادمیم تجمع یافته در اندام‌های هوایی و ریشه اسفناج در شکل ۱ نشان داده شده است. همان گونه که شکل ۱ نشان می‌دهد، با افزایش غلظت کادمیم در خاک، کادمیم جذب شده به وسیله ساقه و ریشه افزایش یافته است. غلظت کادمیم تجمع یافته در ساقه‌های اسفناج بین ۰/۳۳ تا ۷۳/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در ریشه بین ۰/۶۰ تا ۷۵/۸۶ به دست آمد. همچنین، نتایج ارائه شده در شکل ۱ به خوبی نشان می‌دهد که به رغم این‌که بین مقدار کادمیم تجمع یافته در ریشه و اندام هوایی در سطوح مختلف آلودگی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشته لیکن، در نهایت مقدار کادمیم تجمع یافته در اندام‌های هوایی اسفناج کمتر از مقدار تجمع یافته آن در ریشه‌ها بوده که این با نتایج به دست آمده از برخی پژوهش‌های پیشین مانند توان بیش‌اندوزی تربچه (*Raphanus sativus* L.) برای جذب سرب (Asadi Kapourchal et al., 2009)، شبدر برسیم (*Trifolum alexanderium* L.) برای جذب کادمیم (Mousavi et al., 2014)، شاهی برای جذب کادمیم (Mohammadipour & Asadi Kapourchal, 2012) و قدومه کوهی (*Arabis arenosa* L.)، تاج

خروس وحشی (*Amaranthus retroflexus* L.) و علف‌مرغ (*Agropyron repens* L.) برای پالایش کادمیم (Akbarpour Saraskanroud et al., 2012) همخوانی دارد. بدین ترتیب بیشترین مقدار جذب کادمیم توسط اسفناج مربوط به ریشه بود. همچنین، نتایج حاصل از مقایسه میانگین کادمیم تجمع یافته در ریشه و ساقه اسفناج به وسیله آزمون دانکن نشان داد، در سطح احتمال پنج درصد بالاترین میزان جذب در سطح ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده، لیکن تفاوت معنی‌داری بین میزان تجمع کادمیم در سطوح ۱۵ و ۳۰ میلی-گرم کادمیم برای هر کدام از بخش‌های گیاهی (ریشه و اندام هوایی) وجود ندارد. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که بین جذب کادمیم توسط ریشه و اندام هوایی در سطوح مختلف آلودگی، اختلاف معنی-داری وجود نداشت (جدول ۳).



شکل ۱- مقادیر مختلف کادمیم خاک و غلظت آن در ریشه و اندام هوایی اسفناج

Fig. 1- The relationship between total soil Cd and the cadmium absorbed by roots and shoots

ارقام ارائه شده میانگین نتایج حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بودن در سطح احتمال $P\leq0.05$ است.

All the values are mean of three replicates. Different letters show significant differences at $P\leq0.05$ (one-way ANOVA, Duncan test).

جدول ۳- تجزیه واریانس مقادیر مختلف کادمیم تجمع یافته در ساقه و ریشه گیاه اسفناج

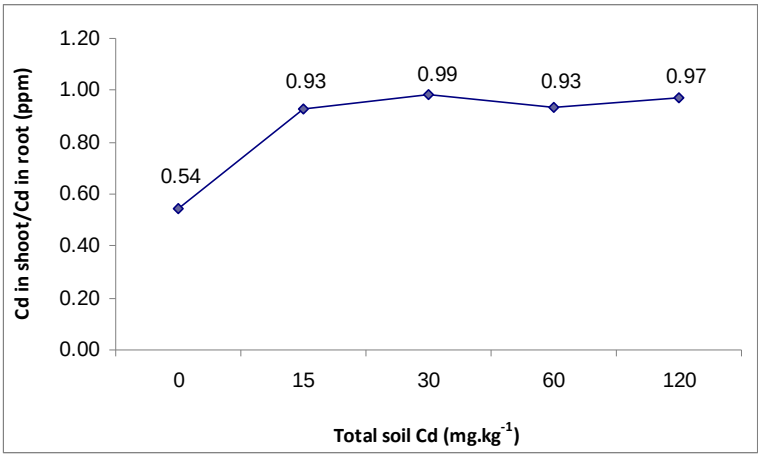
Table 3- Statistical analysis of accumulated cadmium in spinach shoot and root

	بافت گیاهی Plant tissue	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS	میانگین مربعات MS	مقدار F F value	معنی‌داری Sig.
بین گروه‌ها Between groups	ساقه Shoot	4	9006.078	2251.519	63.472	< 0.0001
	ریشه Root	4	9664.577	2416.144	756.700	< 0.0001
درون گروه‌ها Within groups	ساقه Shoot	10	354.726	35.473		
	ریشه Root	10	31.930	3.193		
جمع کل Total	ساقه Shoot	14	9360.804			
	ریشه Root	14	9696.507			

شکل ۲ روند تغییرات کادمیم جذب شده در اندام هوایی نسبت به ریشه را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. همان طور که مشاهده

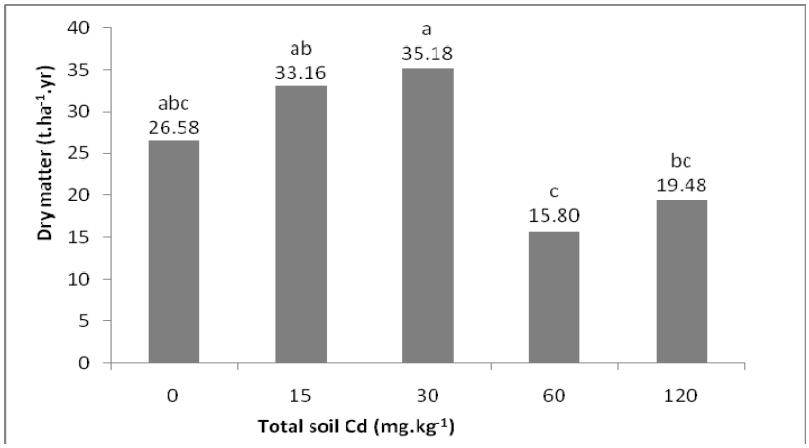
می‌شود با افزایش مقدار کادمیم خاک، فاکتور انتقال تا تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم روند افزایشی داشته، لیکن از تیمار ۳۰ تا ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روند کاهشی داشته که مقدار این کاهش چندان قابل‌توجه نیست و پس از آن مجدداً تا تیمار ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم افزایش یافته است. بنابراین گیاه اسفناج تا غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیم، از توانایی بالایی برای انتقال کادمیم از ریشه به اندام هوایی برخوردار است.

با توجه به این‌که گیاه اسفناج را می‌توان حداقل تا چهار بار در سال برداشت نمود، میزان ماده خشک گیاهی تولیدی در طول یک سال محاسبه گردید. با افزایش میزان کادمیم خاک، میزان ماده خشک تولیدی افزایش یافته و بیشترین میزان ماده خشک در تیمار ۳۰ میلی‌گرم برکیلوگرم، نزدیک به ۳۵ تن در هکتار در طول یک سال به دست آمد. در تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم نیز میزان ماده خشک تولیدی به ترتیب حدود ۱۶ و ۲۰ تن در هکتار در سال بود که با توجه به این که اکثر گیاهان بیش‌اندوز شناخته شده دارای زیست توده کمی می‌باشند، این مقدار زیست توده مقداری قابل توجه قلمداد می‌شود (شکل ۳).



شکل ۲- روند تغییرات فاکتور انتقال در سطوح مختلف آلودگی خاک

Fig. 2- The trend of transfer factor in the different levels of contaminated soils

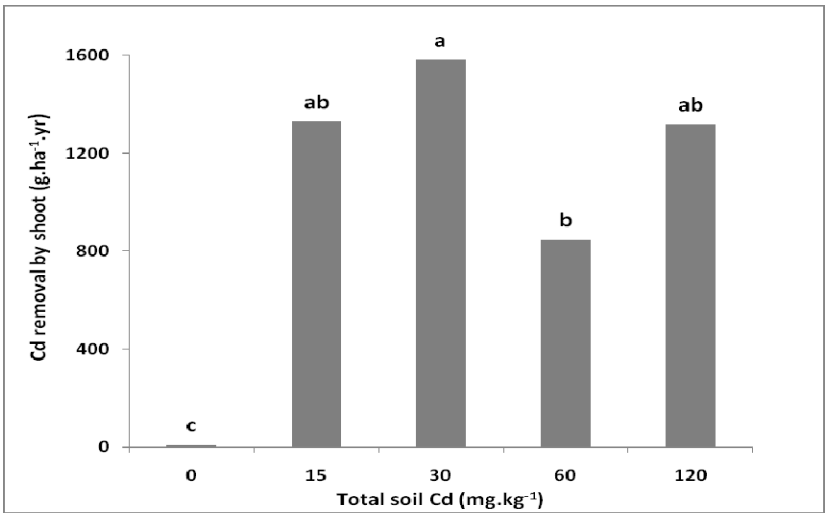


شکل۳- مقدار ماده خشک گیاهی در سطوح مختلف آلودگی خاک

Fig. 3- Amount of dry matter in the different levels of contaminated soils

ارقام ارائه شده میانگین نتایج حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار یودن در سطح احتمال $P\leq0.05$ است.

All the values are mean of three replicates. Different letters show significant differences at $P\leq0.05$ (one-way ANOVA, Duncan test)



شکل٤- مقدار کادمیم برداشت شده به وسیله اندام‌های هوایی اسفناج در سطوح مختلف آلودگی خاک

Fig. 4- Amount of cadmium removal by shoots of spinach in the different levels of contaminated soils

ارقام ارائه شده میانگین نتایج حاصل از سه تکرار می‌باشد. حروف مختلف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار یودن در سطح احتمال $P\leq0.05$ است.

All the values are mean of three replicates. Different letters show significant differences at $P<0.05$ (one-way ANOVA, Duncan test).

شکل ۴ مقدار جذب کادمیم بر حسب گرم بر کیلوگرم ماده خشک به دست آمده از سطح یک هکتار در یک سال را نشان می‌دهد. با توجه به افزایش میزان ماده خشک گیاهی تا تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم، میزان کادمیم برداشتی نیز در این قسمت روند افزایشی داشته و با کاهش میزان ماده خشک گیاهی در تیمارهای بالاتر، میزان کادمیم برداشتی نیز کاهش می‌یابد. بیشترین مقدار جذب کادمیم، حدود ۱۵۸۰ گرم در هکتار در سال بود که در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم که بیشترین میزان تولید ماده خشک را دارد، مشاهده شد. بنابراین صحت این‌که استخراج گیاهی برای پالایش گیاهی خاک‌های با میزان آلودگی کم تا متوسط مناسب می‌باشد، در این تحقیق نیز مشاهده شد.

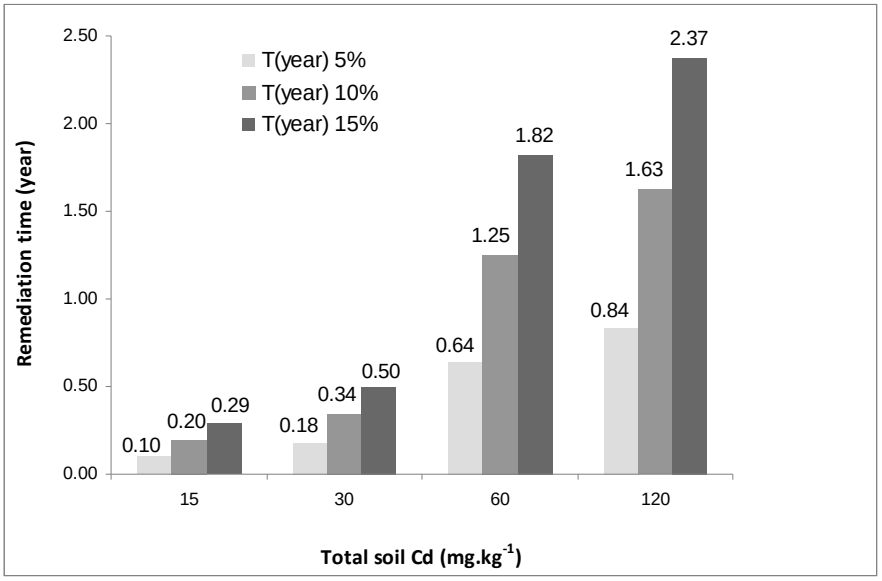
مقایسه میزان جذب کادمیم در اندام هوایی گیاه با مقادیر کادمیم استخراجی از اندام هوایی در یک هکتار در سال نشان داده که هرچند با افزایش غلظت کادمیم در خاک مقدار کادمیم برداشت شده توسط اندام هوایی نیز افزایش یافته است، لیکن با توجه به این که بیشترین مقدار ماده خشک تولید شده در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، بنابراین بیشترین مقدار کادمیم استخراجی از اندام هوایی در یک هکتار در سال در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این نتیجه با نتایج برخی محققان (Sahmurova et al., 2010; Zhuang et al., 2007) در مورد این که، مقادیر بالای زیست توده گیاهی ظرفیت نسبتاً پایین تجمع فلز در گیاه را جبران می‌کند و منجر به تجمع مقدار بالای فلزات سنگین در گیاه می‌شود، همخوانی دارد. مطالعات پیشین نشان داده که گونه‌های چغندریان (Chenopodiaceae) با تولید زیست توده بالا از توانایی خوبی برای اندوزش فلزات سنگین برخوردار هستند (Alexander et al., 2006; Del R´ıo-Celestino et al., 2006; Gupta and Sinha, 2006; Bhargava et al., 2008; Yosefi et al., 2010). اسفناج نیز که متعلق به خانواده Chenopodiaceae است با تولید زیست توده بالا توانایی خوبی در برداشت کادمیم از خاک داشت.

در این پژوهش زمان لازم برای پالایش پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد کادمیم از هرکدام از سطوح آلودگی نیز محاسبه شد. لازم به ذکر است که زمان‌های محاسبه شده برای پالایش گیاهی کادمیم، برای اعماق سطحی خاک (عمق ۱۰ سانتی‌متری) می‌باشد. نتایج نشان داد رابطه‌ای غیرخطی بین زمان پالایش و سطوح مختلف آلودگی کادمیم وجود دارد و در هر سه سطح، نمودار از روند یکسانی برخوردار است. زمان پالایش از تیمار ۱۵ به ۳۰ افزایش یافته لیکن این افزایش چندان قابل توجه نیست و کمترین میزان زمان پالایش در این دو تیمار دیده می‌شود. علت این امر بالا بودن میزان ماده خشک تولیدی نسبت به سایر تیمارها و عدم تفاوت زیاد بین میزان ماده خشک گیاهی (مجموع ریشه و اندام هوایی) در دو تیمار می‌باشد که بالاترین میزان عملکرد جذب گیاهی و در نتیجه بالاترین میزان ثابت سرعت جذب را به دنبال دارد. در تیمارهای ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم

زمان پالایش رو به افزایش است (شکل ۵). با توجه به این که کمترین زمان پالایش در سطح ۵٪ از آلودگی‌های مختلف کادمیم به دست آمد، می‌توان گفت این گیاه برای پالایش خاک‌هایی که آلودگی کادمیمی آن‌ها در حد پایین تا متوسط می‌باشد، نظیر خاک‌های کشاورزی، کارآیی بیشتری می‌تواند داشته باشد.

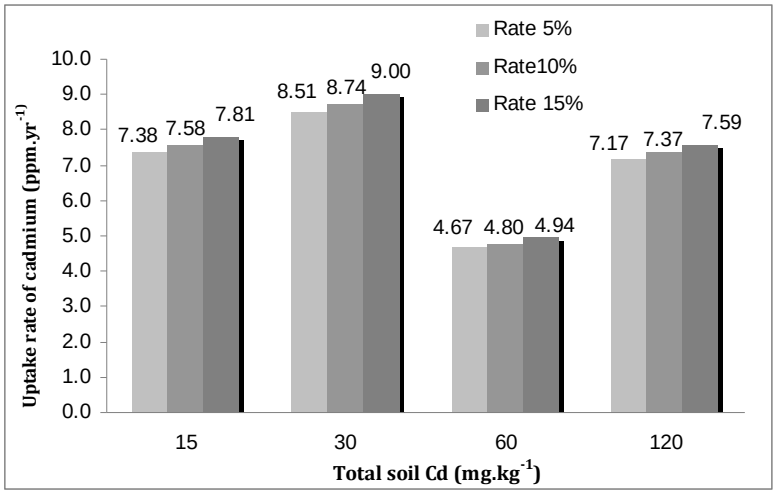
آهنگ یا شدت برداشت کادمیم از خاک در سه سطح پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد از غلظت‌های مختلف کادمیم در شکل ۶ آورده شده است.

هر سه سطح از روند یکسانی برخوردار است، بدین صورت که با افزایش غلظت کادمیم در خاک از تیمار ۱۵ به ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم آهنگ برداشت (میزان کادمیم پالایش شده درطول یک سال) افزایش می‌یابد. در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بالاترین میزان شدت برداشت وجود داشته که علت آن بالا بودن مقدار ماده خشک و عملکرد گیاهی می‌باشد. سپس در تیمار ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم شدت برداشت کاهش یافته است.



شکل ۵- زمان پالایش کادمیم در پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد از سطوح آلودگی خاک

Fig. 5- The required remediation time for 5, 10 and 15 percents of contaminated soil levels



شکل ٦- آهنگ برداشت کادمیم از خاک در پنج، ۱۰ و ۱۵ درصد از سطوح مختلف آلودگی

Fig. 6- Uptake rate of cadmium from contaminated soils at three levels of 5, 10 and 15 percent of contamination

اگرچه پالایش گیاهی روشی زمان بر بوده و برای پاکسازی محل آلوده بسته به میزان آلودگی از یک تا چندین سال زمان لازم است تا غلظت آلاینده به طور معنی‌داری کاهش یابد، لیکن این روش می‌تواند غلظت کل آلاینده را با حداقل قیمت کاهش دهد. همچنین، بسیاری از مناطقی که نیاز به پالایش دارند حداقل در یک بازه زمانی ده ساله آلوده شده‌اند و سال‌ها بلکه ده‌ها سال در شرایط آلودگی که به وسیله انسان ایجاد شده است، باقی مانده‌اند، بنابراین صرف چندین سال برای پالایش این مناطق از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه بوده و چندان طولانی نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به این که پالایش خاک‌های آلوده به فلزات سنگین بسیار دشوار است و نیز برای پالایش فلزات سنگین، حذف کامل آن‌ها از خاک لازم نمی‌باشد لذا، در شرایطی که شدت آلودگی فراتر از تحمل گیاه نباشد پالایش گیاهی روش مناسبی برای آلودگی‌زدایی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین است. نتایج به دست آمده در این پژوهش نشان داد که با افزایش غلظت کادمیم در خاک، غلظت تجمع یافته در گیاه نیز افزایش یافته و مقدار این افزایش در ریشه به مراتب بیشتر از افزایش غلظت کادمیم در اندام هوایی بوده است. با توجه به توانایی گیاه اسفناج در جذب مقادیر زیاد کادمیم، عملکرد گیاهی بالا و توانایی انتقال و تجمع کادمیم در اندام‌های قابل برداشت، گیاه اسفناج گیاه مناسبی برای پالایش سبز خاک‌های آلوده به کادمیم تا غلظت ۱۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به شمار می‌آید. لیکن با توجه به زمان پالایش و این که بیشترین مقدار ماده خشک تولید شده در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود، بیشترین مقدار کادمیم استخراجی از اندام هوایی در یک هکتار در سال در تیمار ۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بوده و بنابراین گیاه اسفناج برای پاکسازی کادمیم از اعماق سطحی خاک و غلظت‌های متوسط کادمیم کارآیی بهتری دارد. با توجه به اینکه اسفناج جزء سبزی‌های خوراکی رایج در ایران می‌باشد، چنانچه با هدف استخراج گیاهی به کار رود باید مانند زباله‌های خطرناک بلافاصله پس از برداشت اقدام به سوزاندن و دفن آن نمود.

منابع

Akbarpour Saraskanroud, F., Sadri, F., and Golalizadeh, D. 2012. Phytoremediation of heavy metal (Lead, Zinc and Cadmium) from polluted soils by Arasbaran protected area native plants. Journal of Soil and Water Resources Conservation 1(4):53-67. (In Persian with English Summary)

Alexander, P.D., Alloway, B.J., and Dourado, A.M. 2006. Genotypic variation in the accumulation of Cd, Cu, Pb and Zn exhibited by six commonly grow vegetables. Environmental Pollution 144(3): 736-745.

Asadi Kapourchal, S., Asadi Kapourchal, S., Pazira, E., and Homaee, M. 2009. Assessing radish (*raphanus sativus* L.) potential for phytoremediation of Lead- contaminated soils resulting from air pollution. Soil Plant Environment Journal 55(5): 202-206.

Babaeian, E., and Homaee, M. 2011. Enhancing lead phytoextraction of land cress (*Barbara verna*) using aminopolycarboxylic acids. Journal of Water and Soil 24(6): 1142-1150. (In Persian with English Summary)

Babaeian, E., Homaee, M., and Rahnemaie, R. 2012. Enhancing phytoextraction of lead contaminated soils by carrot (*Daucus carrota*) using chelated synthetic and natural. Journal of Water and Soil 26(3): 607-618. (In Persian with English Summary)

Barman, S.C., Sahu, R.K., Bhargava, S.K., Chaterjee, C. 2000. Distribution of heavy metals in Wheat, Mustard and weed grown in field irrigated with industrial effluents. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 64: 489–496.

Bhargava, A., Shukla, S., Srivastava, J., Singh, N., and Ohri, D. 2008. Chenopodium: a prospective plant for phytoextraction. Acta Physiologiae Plantarum 30(1): 111-120.

Brooks, R.R. 1994. In Plants and Chemical Elements: Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxicity. (Ed. Gargo M E). VCH Verlagsgesellsschaft, Wenham, Germany. p. 88-105.

Del Rìo-Celestino, M., Font, R., Moreno-Rojas, R., and De Haro-Bailòn, A. 2006. Uptake of lead and zinc by wild plants growing on contaminated soils. Industrial Crops and Products 24(3): 230-237.

Dushenkov, D. 2003. Trends in phytoremediation of radionuclides. Plant and Soil 249: 167-175.

Dalalian, M.R., and Homaee, M. 2011. Simulating of phytoremediation time of cadmium and copper spiked soils by Salvia Sclarea. Water and Soil Science 20(4): 129-141. (In Persian with English Summary)

Davari, M., Homaee, M., and Khodaverdiloo, H. 2010. Modeling Phytoremediation of Ni and Cd from contaminated soils using macroscopic transpiration reduction function. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 14(52): 75-84. (In Persian with English Summary)

Davari, M., and Homaee, M. 2012. A new yield multiplicative model for simultaneous phytoextraction of Ni and Cd from contaminated soils. Journal of Water and Soil 25(6): 1332-1343. (In Persian with English Summary)

Glick, B.R. 2003. Phytoremediation: Synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. Biotechnology Advances 21: 383-393.

Greman, H., Velikonja-Bolta, S., Vodnik, D., Kos, B., and Lestan, D. 2001. EDTA enhanced heavy metal phytoextraction: metal accumulation, leaching and toxicity. Plant and Soil 235: 105-114.

Gupta, A.K., and Sinha, S. 2006. Phytoextraction capacity of the *Chenopodium Album* L. Grown on soil amended with tannery sludge. Bioresource Technology 98(2): 442-446.

Gupta, N., Khan, D.K., Santra, S.C. 2008. An assessment of heavy metal contamination in vegetable grown in waste water irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 80: 115-118.

Gupta, P.K. 2000. Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis. Agrobios, New Dehli, India.

Henry, J.R. 2000. In an Overview of Phytoremediation of Lead and Mercury. NNEMS Report. Washington, D.C. p. 3-9.

Jafarnejadi, A.R., Homaee, M., and Sayyad, G.A. 2011. Large scale spatial variability of accumulated cadmium in the wheat farm grains. Soil and Sediment Contamination Journal 20(1): 93-99.

Jafarnejadi, A.R., Homaee, M., Sayyad, G.A., and Bybordi, M. 2012. Evaluation of main soil properties affecting Cd concentrations in soil and wheat grains on some calcareous soils of Khuzestan province. Journal of Water and Soil Conservation 19(2): 149-164. (In Persian with English Summary)

Jafarnejadi, A.R., Sayyad, G.A., Homaee, M., and Davamei, A.H. 2013. Spatial variability of soil total and DTPA-extractable cadmium caused by long-term application of phosphate fertilizers, crop rotation and soil characteristics. Environmental Monitoring and Assessment 185(5): 4087-4096.

Khodaverdiloo, H., and Homaee, M. 2008a. Modeling Cadmium and Lead phytoextraction from contaminated soils. Polish Journal of Soil Science XLI (2): 149-162.

Khodaverdiloo, H., and Homaee, M. 2008b. Modeling Phytoremediation of Soils Polluted with Cadmium and Lead. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 11(42): 417-426. (In Persian with English Summary)

Lefèvre, I., Marchal, G., Meerts, P., Corréal, E., and Lutts, S. 2009. Chloride salinity reduces cadmium accumulation by the Mediterranean halophyte species *Atriplex halimus* L. Environmental and Experimental Botany 65(1): 142-152.

Mohammadipour, F., and Asadi Kapourchal, S. 2012. Assessing land cress potential for phytoextraction of cadmium from Cd contaminated soils. Journal of Soil and Water Resources Conservation 2(2): 25-35. (In Persian with English Summary)

Mousavi, S.M., Ahmadabadi, Z., and Bahmanyar, M.A. 2014. Investigation the hyper-accumulative potential of creeping wheat grass (*Agropyronrepens* L.) and berseem clover (*Trifolum Alexanderium* L.) in adsorption of heavy metals from treated soil with sewage sludge. Journal of Water and Wastewater. in Press 25(92). (In Persian with English Summary)

Nouri, M., Homaee, M., and Bybordi, M. 2014. Comparing petroleum and water hydraulic properties in soil. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 17(66): 123-134. (In Persian with English Summary)

Panahpoor, E., Afyuni, M., Homaee, M., and Hoodaji, M. 2008. Cd, Cr, and Co Motion in Soil Treated with Sewage Sludge and Salts of the Metals and their Uptake by Vegetable Crops A Case Study in East Isfahan. Journal of Water and Wastewater 19(67): 9-17. (In Persian with English Summary)

Sahmurova, A., Celik, M., and Allahverdiyev, S. 2010. Determination of the accumulator plants in Kucukcekmece Lake (Istanbul). African Journal of Biotechnology 9(39): 6545-6551.

Salt, D.E., Blaylock, M., Kumar, N.P.B.A., Dushenkov, V., Ensley, B.D., Chet, I., and Raskin, I. 1995, Phytoremediation: A novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from the Environment Using Plants. Biotechnology 13(5):468-474.

Salt, D.E., Pickering, I.J., Prince, R.C., Gleba, D., Dushenkov, S., Smith, R.D., and Raskin, I. 1997. Metal accumulation by aquacultured seedlings of Indian Mustard. Environmental Science and Technology 31(6): 1636-1644.

Schnoor, J.L. 1997. Phytoremediation. GWRTAC (Ground-Water Remediation Technologies Analysis Center) Technology Evaluation Report TE-98-01, 43 pp.

Taylor, M.D., and Percival, H.J. 2001. Cadmium in soil solutions from a transect of soils away from a fertilizer bin. Environmental Pollution 113: 35-40.

Yosefi, N., Chehregani, A., Malayeri, B., Lorestani, B., and Cherghi, M. 2010. Investigating the effect of heavy metals on developmental stages of anther and pollen in *Chenopodium botrys* L. (Chenopodiaceae). Biological Trace Element Research DOI 10.1007/s12011-010-870.1-6.

Zhuang, P., Yang, Q.W., Wang, H.B., and Shu, W.S. 2007. Phytoextraction of heavy metals by eight plant species in the field. Water Air and Soil Pollution 184: 235-242.

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 927

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 927

The study of nutritional management of mother plant and seed priming by biofertilizers on improve salinity tolerance of wheat (*Triticum aestivum L.*) cv. Sayonz at germination period.

H.R. Fallahi[1], P. Rezvani Moghaddam[2*], M.B. Amiri[3], M. Aghhavani-Shajari[4], R. Yazdani-Biuki[5]

Submitted: 08-01-2011
Accepted: 06-05-2012

Abstract

Salinity is one of the important factors that reduce the growth and yield of crops in Iran; however, determining appropriate methods for reducing its negative effects is important. In order to study the effects of nutritional condition of mother plant and bacterial biofertilizers seed priming on germination indices of wheat (*Triticum aestivum* L.), in salinity condition, an experiment was conducted during 2009 at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. This experiment was conducted as factorial layout based on randomized complete block design with three replications. Studied factors consisted of: four levels of nitrogen fertilizer applied on mother plant in field (0, 55, 110 and165 Nitrogen $kg.ha^{-1}$), seed priming by three types of biofertilizers (Nitrajin, Biophosphouros and distillated water) and four levels of salinity stress (0, -0.4, -0.8 and -1.2 MPa). Results indicated that the seed priming with biofertilizers had a positive effect on germination indices of wheat. The maximum radicle number per seedling (2.39), radical length (5.34 cm) and plumule length (3.56 cm) were observed in seed primed by Nitrajin biofertilizer and the minimum of those characteristics were shown in control. In addition, the lowest and highest mean germination time were obtained in seed priming by Biophosphouros (2.89 day) and control (3.42 day), respectively. The highest germination indices were obtained at 55 and 110 $kg.ha^{-1}$ Nitrogen. The maximum germination rate ($2.59.day^{-1}$), number of radicle per seedling (2.34), radical length (5.75 cm) and mean weight of radical (0.0022 g) were obtained in seeds that were treated by 55 $kg.ha^{-1}$ nitrogen on mother plant. So, all factors related to germination and growth seedling were decreased by increasing salinity stress. Over all, results indicated that use of 55-110 $kg.ha^{-1}$ nitrogen with bacterial biofertilizers seed priming can improve germination indices under salinity stress conditions.

Keywords: Biofertilizer, Germination Percentage, Germination Rate, Plumule, Radical

1, 2, 3, 4 and 5- Assistant Professor in Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Birjand University, Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, Gonabad University, PhD Students in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Graduated PhD in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 928

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 928

Investigation of weed community diversity in forage crop fields in different provinces of Iran

E. Azizi[1*], L. Alimoradi[2] and R. Ghorbani[3]
Submitted: 22-09-2011
Accepted: 21-07-2012

Abstract

In order to evaluate the weed diversity in forage crop fields such as alfalfa (*Medicago sativa* L.), clover (*Trifolium* sp.) and sainfoin (*Onobrychis* spp.) in different provinces of Iran, a study was conducted by using data from reports of plant Protection Organization, Ministry of Agriculture during 2008. After evaluation of weed species and definition of weed family, these species classified based on functional diversity in four groups such as life cycle, growth type, photosynthetic pathway and persistence degree. The results indicated that the number of weed species and plant families were 37 and 18, respectively, in alfalfa fields. Most diverse families of monocotyledonous and dicotyledonous weeds were Poaceae and Asteraceae, respectively. Nine species of five different families were observed in sainfoin fields that among these weed families, the highest species diversity was in Poaceae family. In addition, in clover fields of different provinces, 20 species of 11 plant families were observed. The highest species diversity obtained in Poaceae family with six species and Brassicaceae family with four species. The highest similarity index for alfalfa fields (100%) was observed between West Azerbaijan- Ardabil, West Azerbaijan- Zanjan, West Azerbaijan- Kordestan, Ardabil- Kordestan, Zanjan- Kordestan, Zanjan- Gilan, Kordestan - Gilan, West Azerbaijan- Gilan and Ardabil- Gilan. The highest similarity for sainfoin fields (0.60) was between East Azerbaijan- West Azerbaijan and West Azerbaijan- Fars. Also, in clover fields, the highest similarity index was obtained between Fars and Isfahan provinces.

Keywords: Aalfalfa, Clover, Sainfoin, Similarity index, Species diversity

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Agronomy, Payame Noor University (PNU), Assistant Professor, Department of Agronomy, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad and Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: azizi40760@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 929

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 929

Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting

A. Koocheki[1], P. Rezvani Moghaddam[1]*, A. Mollafilabi[2] and S.M. Seyyedi[3]

Submitted: 07-03-2012
Accepted: 30-07-2012

Abstract

In order to investigate the effects of high corm planting density and applying manure on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.), a field experiment was conducted at Research Station, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during growing season of 2010-2011. A completely randomized block design with three replications and 20 treatments was used. The experimental treatments were all combination of different planting densities of corm (100, 200, 300 and 400 corms.m^{-2}) and different levels of manure application (0, 40, 60, 80 and 100 t.ha^{-1}). Results of variance analysis showed that corm planting density and manure application rates had significant effects on flower number, fresh and dried flower and stigma+ style yields of saffron. In addition, mentioned characteristics of saffron significantly affected by interaction effects of corm planting density × manure rate. Based on the results, fresh and dried flower yields of saffron significantly increased by increasing planting density up to 400 corms.m^{-2}. In addition, on planting density equal to 400 corms.m^{-2}, increasing manure up to 80 t.ha^{-1} had significant effects on fresh and dried flower yields of saffron. However, the responding saffron to manure was decreased by reducing corm planting density. Therefore, it seems that appropriate manure application rate depends to corm planting density.

Keywords: Dry flower yield, Organic manure, Stigma yield

1, 2 and 3- Professors of Center of Excellence for Special Crops, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST) and PhD. Student of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 930

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 930

The effect of organic fertilizers and different sowing dates on yield and yield components of flower and grain of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.)

P. Rezvani Moghaddam[1*], M. Akbar Abadi[2] and F. Hassanzadeh Aval[3]

Submitted: 10-03-2012
Accepted: 18-09-2012

Abstract

In order to find out suitable organic fertilizers for elimination of chemical fertilizers usage and the optimum sowing date in Pot Marigold cultivation, an experiment was conducted in the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in 2007 growing season. For this purpose a split plot experiment based on completely randomized block design with three replications was used. The main factor consist of four different fertilizers (50 kg.ha^{-1} N, 40 t.ha^{-1} Cow manure, 20 t.ha^{-1} Compost fertilizer and 10 t.ha^{-1} Hen manure) beside control (without fertilizer) and three sowing dates (10th April, 1th May and 21th May) were allocated as sub factor. The results showed that the length time of emergence to budding, budding to flowering and flowering to ripening decreased by delay in sowing date, significantly. By delay in sowing date, plant height and dry matter also decreased because of reduction of vegetative growing duration. The various fertilizers had not significant effect on developmental stages and morphological characteristics of Pot Marigold. Nitrogen fertilizer and Hen manure in compare of other treatments had significantly ($p\leq0.05$) higher level in number of inflorescences, yield of inflorescences, yield of petal and seed yield. Thus, Hen manure can be a suitable replacement of chemical fertilizers in Pot Marigold cultivation. The various sowing dates showed significant effect on the most measured characteristics of seed and inflorescences yield components of Pot Marigold. The highest of all studied characteristics were obtained in 10th April and 1th May than 21th May sowing dates.

Keywords: Compost, Inflorescences harvest index, N fertilizer, Organic manure

1, 2 and 3- Professor, MSc in Agronomy and PhD Student of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 931

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 931

Long term estimation of carbon dynamic and sequestration for Iranian agro-ecosystem: I- Net primary productivity and annual carbon input for common agricultural crops

M. Nassiri Mahalati[1], A. Koocheki[1]*, H. Mansoori[2] and R. Moradi[3]

Submitted: 29-09-2012
Accepted: 16-07-2013

Abstract

Evaluation of carbon input is one of the most important factors for estimating soil carbon changes and potential for carbon sequestration. To evaluate the net primary productivity (NPP) and soil carbon input in agricultural eco-systems of Iran, data for yield, cultivated area, harvest index (HI) and shoot /root ratio in different crops including: wheat, barley, maize, cotton, rice, alfalfa and chickpea were obtained for different provinces. Then, allocated carbon to different organs of plant were calculated based on carbon allocation coefficients and finally, the net primary productivity based on carbon (NPPc) was calculated. The ratio of NPPc that was annually returned to soil was considered as carbon annual input. The results showed that the maximum amount of NPPc for wheat, barely and alfalfa were obtained in Khazari climate for rice, chickpea and cotton was achieved in warm-wet climate and for maize was gained in warm-dry climate. In all regions of Iran, chickpea had the lowest effect on NPPc and consequently on carbon sequestration. The highest amount of carbon input per unit area among studied crops and different regions were observed in Khazari region for alfalfa whereas, the lowest carbon input per unit area was relation to chickpea in cold region. The lowest gap between actual and potential of carbon sequestration was observed in alfalfa whereas wheat, rice and cotton showed the most gap by 0.4, 0.38 and 0.37, respectively.

Keywords: Carbon allocation, Carbon sequestration, Gap yield, Potential

1, 2 and 3- Professor, PhD student in Crop Ecology, Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Former PhD student in Crop Ecology Department of Agronomy and Assistant Professor, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran. respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 932

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 932

The effects of super absorbent polymer application into soil and humic acid foliar application on some agrophysiological criteria and quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under Mashhad conditions

M. Jahan[1]*, M. Nassiri Mahallati[1], F. Ranjbar[2], M. Aryaee[3] and N. Kamayestani[4]

Submitted: 27-12-2012
Accepted: 02-05-2013

Abstract

Drought stress is the most limiting factor of agricultural production through the world. To evaluate the effect of super absorbent and humic acid to reduce drought stress in sugar beet production, a strip split plot arrangement based on randomized complete block design with three replications was conducted at Research Field of Faculty Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season of 2010-2011. The main plot factor was application and no application of super absorbent polymer and the sub plot factor was foliar application and no application of humic acid. Two irrigation intervals (7 and 10 days) assigned to strip plots. The results showed that super absorbent application comparing to no super absorbent affected leaf area index (LAI), sugar gross yield (SGY) and SPAD readings significantly, as the highest amount for this traits were 3.4, 4.7 t ha^{-1} and 46.2, respectively. Humic acid foliar application resulted to the highest LAI (3.4) and SPAD reading (45.1) which significantly were different with other treatments. Irrigation interval of 7 days resulted to the highest LAI (3.8) and root yield (24.9 t ha^{-1}). The highest SPAD reading (49.9) resulted from super absorbent and humic acid application with 7 days interval irrigation interaction. Dry matter yield (DM) and leaf number per plant showed a positive and significant correlation ($p \leq 0.01$) with tuber yield (TY), SGY and SPAD readings. The strongest correlation coefficients were obtained for DM and LAI, and between DM and SGY. This positive and significant correlation emphasis that any factor increasing LAI will increase DM and thereby, SGY. The positive and significant correlations were observed between DM and SPAD readings, and between SPAD readings and TY. SGY estimation model predicted that SGY was determined by some variables such as TY, SP and SPAD reading. In general, these results indicate super absorbent application could increase soil water holding capacity and consequently stabilize production under dry stress conditions. In addition, humic acid application could increase economic sugar beet production, moreover maintaining environmental health issues.

Keywords: Foliar application, water absorbent hydrogel, Sugar percentage, SPAD reading

1, 2, 3 and 4- Associate Professor and Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, PhD student in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, MSc in Environmental Engineering, Tehran University and MSc in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*-Corresponding author Email: jahan@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 933

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 933

Evaluation the effects of relay intercropping of Styrian pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) with irrigated and rainfed chickpea (*Cicer arietimum* L.) on yield and yield components as affected by chickpea residue mulch

A. Momen[1*], R. Ghorbani[2], M. Nassiri Mahallati[2], G.A. Asadi[3] and M. Parsa[3]

Submitted: 16-02-2013
Accepted: 09-05-2013

Abstract

In order to study the effects of cropping systems and mulch application in relay intercropped Styrian pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) with chickpea (*Cicer arietinum* L.), a field experiment was conducted as factorial layout based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, during growing season of 2010-2011. Treatments were five levels of cropping systems (monoculture of irrigated chickpea, monoculture of rainfed chickpea, monoculture of Styrian pumpkin, relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin, relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin) and two levels of chickpea residue mulches (with and without mulch). The results showed that plant height, number of pods per plant, biological yield, seed yield and 1000-seed weight chickpea were affected by different cropping systems ($p\leq0.05$). Relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin increased number of pod per plant and seed yield of chickpea up to 37 and 23% compared to monoculture of rainfed chickpea, respectively. In additrion, results showed that the interaction effects between cropping systems and mulch application were significant ($p\leq0.05$) on number of fruit, fruit yield, number of seed per fruit, 1000-seed weight and seed yield of Styrian pumpkin. The highest Styrian pumpkin seed yield (398 $kg.ha^{-1}$) was shown in relay intercropping of irrigated chickpea/Styrian pumpkin. Styrian pumpkin seed oil percent was not affected by treatments ($p\geq0.05$). However, application of chickpea residue mulch reduced the oil percent. Assessment of land equivalent ratio showed that the total systems of relay intercropping was superior compared to monocultures and the highest land equivalent ratio (2.37) was observed in relay intercropping of rainfed chickpea/Styrian pumpkin without mulch system. In general, the positive effect of intercropping on yield and yield components of chickpea, especially in the dry conditions and improved quantitative characterization of Styrian pumpkin herb, it can be inferred that the relay intercropping could be a suggested strategy for using resources to achieve optimal performance in order to achieve sustainable agricultural principles.

Keywords: LER, Medicinal plants, Oil percent, Resource utilization, Sustainable agriculture

1, 2 and 3- MSc Student in Agroecology, Professor and Associate Professor Agronomy Department College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively.
(*- Corresponding author Email: momen.ali@stu.um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 934

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 934

Study of possibility of improving root growth of two lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars using symbiosis Mycorrhiza and Azospirillum under Rainfed Condition

S. Maleki[1], F. Aghayari[2*], M. Ardakani[3] and F. Rejali[4]

Submitted: 17-09-2013
Accepted: 27-02-2014

Abstract

This study was conducted aiming to evaluate the possibility of improving the root growth of lentil (*Lens culinaris* L.) using Mycorrhiza symbiosis with cooperation *Azospirillum* bacteria under rain-fed conditions. A tri-factorial experiment was conducted on the basis of Randomized Complete Block Design with four replications in Khalkhal area during 2012 cropping season. The experimental treatments were all combination of Mycorrhizal inoculums in three levels (not use, use Mycorrhiza *Glomus intraradices* and use Mycorrhiza *Glomus mosseae*), *Azospirillum* in two levels (not use and use *Azospirillum brasilense*) and Lentil cultivar with two levels (Mashhadi coarse grain cultivar and Naz fine seed cultivar).The results showed that the effect of Mycorrhiza on traits of root dry weight, root colonization and Mycorrhizal root dry weight were significant at the 1% probability level. The highest values for root dry weight, root colonization and Mycorrhizal root dry weight were recorded in plants which inoculated with *G. mosseae*. In addition, *Azospirillum* had a significant effect ($p \leq 0.01$) on root colonization, but effect of Lentil cultivars on all traits was not significant. The results showed that the interaction between *Azospirillum* and Lentil cultivars on root colonization at the 5% probability level and interaction between Mycorrhiza and Lentil cultivars on root colonization at 1% probability level were significant. Also, three-way interaction *Azospirillum*, Mycorrhiza and Lentil cultivars showed the root colonization trait at the 5% probability level were significant. The highest value for percentage of root colonization was recorded in treatment of use *Azospirillum brasilense*, use Mycorrhiza *Glomus mosseae* and Naz cultivar (46.19%).

Keywords: Bacteria, Biofertilizers, Fungi, Colonization

1, 2, 3, 4- MSc, Assistant professor, Professor and Assistant professor of Agronomy, Islamic Azad University, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Aghayari_ir@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 935

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 935

Leaf appearance rate and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) as affected by interfering effects of lambsquarters (*Chenopodium album* L.)

Bahram Mirshekari[1*]

Submitted: 18-09-2013
Accepted: 13-05-2014

Abstract

In order to evaluate seed production index of lambsquarters (*Chenopodium album* L.), leaf appearance rate and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) under inter-specific competition a factorial experiment was conducted in Islamic Azad University, Tabriz Branch, Iran, during 2011-2012. Factors included five weed densities (0, 2, 4, 6 and 8 plants per meter row) and its relative emergence times of simultaneously sown, 10, 20 and 30 days after fennel emergence based on randomized complete blocks design with three replications. Results indicated that 8th leaf in fennel appeared after 35.4 days. Time to appearance of 12th leaf in weed densities of 0-4 plants per meter row was 50 days, while, in higher weed densities it was delayed about 11.9 days. Fennel seed and essential oil yields increased with decreasing weed density and delay in its emergence time. Low density and late emergence of lambsquarters caused seed production index to decrease. In simultaneously sown treatments, seeds production index was 9.8% while, in treatments of 10, 20 and 30 days after fennel emergence it was decreased to 5.8%, 3.6% and 3.8%, respectively. In this study, treatments with higher biomass production of lambsquarters, resulted in greater weed seed production and lower seed yield in fennel, being important for lambsquarters management in fennel fields.

Keywords: Biomass, Essential oil yield, Leaf appearance rate, Phyllocron, Weed density

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz
(*- Corresponding author Email: Mirshekari@iaut.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 936

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 936

Investigating some quantitative and qualitative characteristics of wild marjoram (*Origanum vulgare* sub sp. Virid.) as affected by different levels of azocompost and urea

R. YazdaniBiouki[1], M. BannayanAvval[2], H.R. Khazaei[3] and H. Sodaeeizadeh[4]

Submitted: 07-10-2013
Accepted: 28-11-2014

Abstract

In order to investigate the effect of organic and chemical fertilizers on growth characteristics of wild marjoram, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad during 2012-2013 growing season. Treatments were comprised of four urea levels (0, 21.7, 108.7 and 195.7 kg.ha^{-1}) and four azocompost levels (0, 2.2, 11.1 and 20 t.ha^{-1}). The ratings from each fertilizer were adjusted separately based on 0, 40, 80 and 120 kg N.ha^{-1}. In the present study, several traits such as plant height, canopy crown, number of lateral branches/plant, number of flowers/plant, dry weight of leaves and flowers, total dry weight, leaf area index, economic yield, harvest index, essential oil content and yield were measured. The results showed that main effects of chemical and azocompost fertilizers on all characteristics of wild marjoram except for harvest index and essential oil content were significant. In addition, interaction between experimental factors was significant for all traits except for essential oil content. Plants treated with 40 kg chemical fertilizer.ha^{-1} and 80 kg Azocompost.ha^{-1} had the highest values in all traits except for canopy crown, total dry weight, essential oil content and yield. At the highest when compared with the lowest N level, a significant increase of 577.68 and 441.7 kg.ha^{-1} in economic yield occurred by applying azocompost and urea, respectively. It seems that the application of azocompost had better results than nitrogen fertilizer alone. The highest correlations (r=0.99**) occurred for number of branches.plant^{-1} vs. plant height, for number of branches.plant^{-1} vs. plant height and for dry weight of leaves and flowers vs. economic yield. The number of lateral branches.plant^{-1} (r=0.98**), leaf area (r=0.97**) and plant height (r=0.96**) had the highest positive correlation with economic yield, indicating the importance of these traits in contributing to final yield.

Keywords: Chemical fertilizer, Essential oil, Nitrogen, Organic fertilizer

1, 2, 3 and 4- PhD graduate of Agroecology, Associate Professor, Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant professor, Faculty of Natural Resource & Desert Studies, Yazd University (*- Corresponding author Email: Yazdani.agroecology@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 937

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 937

Evaluation of diversity in agricultural plants and effectiveness of management factors in non-hunting areas of Gharaviz and marginal regions

A. Asgari[1], K. Khoshbakht[2*], S. Soufizadeh[3] and J. Kambouzia[2]

Submitted: 20-10-2013
Accepted: 15-04-2014

Abstract

Biodiversity is a key to advancing sustainability in agriculture to meet demands for food production, pharmaceuticals and industry. This study investigates factors of agro biodiversity and management in three villages of the Gharaviz region and four villages in surrounding regions of Sarpole-Zahab County, Kermanshah province, Iran. Relevant data were collected from farms, direct observation and special questionnaires. Evaluations were made on the species richness index, the Shannon - Wiener index and Simpson's dominance. Results demonstrated that species with higher contribution in the study area belonged to seven families, and among these Poacea, Fabaceae and Solanaceae had the highest contribution. Wheat and corn were cultivated in all rural areas. Correlation between farm type (rain-fed farming and irrigated farming) to species richness indices (0.419^{**}); Shannon-Weiner (0.449^{**}) and dominance Simpson index (-0.315^{**}) was significant. Correlation between method of fertilizer application to species richness indices (-0.413^{**}), Shannon-wiener ($-.377^{**}$), and dominants index of Simpson (0.296^{**}) was also determined as significant. Results showed that application of chemical fertilizer resulted in less crops biodiversity but the use of organic fertilizer significantly increased agro biodiversity. Correlation between organic fertilizer application to species richness indices (0.452^{**}), Shannon-Weiner (0.419^{**}), and dominants index of Simpson (-0.338^{**}) was significant in that increased crop biodiversity was related to increased use of organic fertilizer. Effects of chemical fertilizer, fallowing use of cultivation instruments and machines, using inbred seeds, chemical herbicides and biological inputs on biodiversity indices were insignificant. In summary, improving agro ecosystem management practices in the region can serve to increase biodiversity and serve to improve agricultural sustainability in the study area.

Keywords: Biodiversity index, Farm type, Fertilizer application, Organic fertilizers

1, 2 and 3- MSc graduate, Associated Professor, Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: kkhoshbakht@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 938

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 938

CO_2 emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems

S. Dastan[1], A. Soltani[2], G. Noormohamadi[3] and H. Madani[4]

Submitted: 27-10-2013
Accepted: 27-02-2014

Abstract

Climate change is one of the major concerns of the world which a part of that is derived from agricultural activities. Therfore, improving agricultural practices is considered as a strategy for mitigating the impact of climate change. The objectives of this study were to estimate the CO_2 emission and global warming potential (GWP) in three rice production systems and identify the methods for reducing the energy use and CO_2 emission. Three rice production systems including conservation, improved and conventional were studied in randomized complete block design with four replications a paddy field in Neka, Mazandaran, Iran. All field practices and data about production methods and inputs rate were monitored and recorded in 2012. Results showed that average of total energy input in production systems was 22793.02 $MJ.ha^{-1}$ that the lowest energy input (16102.98 $MJ.ha^{-1}$) was observed in conservation system. Electricity to pump of water for irrigation had the most contribution of energy input in production systems that was accounted as greatest global warming and CO_2 emission. Nitrogen fertilizer and fuel were ranked in second and third grade of CO_2 emission. Across the rice production, average GWP were estimated equal to 2307.33 kg CO_2-eq ha^{-1}. The lowest and highest GWP equal to 1640 and 2728 kg CO_2-eq ha^{-1} were obtained in conservation and conventional systems, respectively. The lowest and highest GWP per unit energy input was gained in conservation and conventional system, respectively. Conservation system had the lowest GWP per unit energy output and improved system was ranked in seconed grade. Finally, it can be concluded that GWP has the positive correlation with field management and inputs use. Therfore, the lowest rate of CO_2 emission and GWP were obtained in conservation system.

Keywords: Climate change, Energy, Environment, Global warming, Rice

1, 2, 3 and 4- Instructor, Department of Agricultural Science, Payame Noor University,
Professor of Agronomy Group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan,
Professor of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran,
Associate Professor of Agronomy, Shahr-e-Qods Branch, Islamic Azad University, Shahr-e-Qods, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: sdastan@srbiau.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 939

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 939

Investigation of thermal requirement, growth and yield characteristics of two species of Persian shallot (*Allium altissimum* and *A. hertifulium*) in different density, bulb weight and flowering stem removing

S. Sabzevari[1*], M. Kafi[2], M. Bannayan[3] and H.R. Khazie[2]

Submitted: 08-11-2013
Accepted: 21-01-2015

Abstract

Persian shallot is one of the important medicinal and industrial plants in Iran which is under very dense utilization. Study of morphological characteristics of Persian shallot in agronomical systems is very important for expanding agronomic production. In order to evaluate some physiological and yield characteristics, and thermal requirement of two species of shallot, a field experiment was conducted at Research Field of Fersowsi University of Mashhad, Iran in 2012-2013. The experimental treatments consisted of two Persian shallot (*Allium altissimum* from Khorasan and *A. hertifulim* from Lorestan), two groups of bulb weight (10-20 and 20-30 g), with three plant densities (10, 20 and 30 plants.m^{-2}). A factorial experiment based on completely randomized block design with three replications was conducted. The results showed that in all phonological and yield characteristics, *A. hertifulium* was significantly weaker than *A. altissimum*. Leaf area and shoot dry weight in different plant densities and bulb weight in *A. hertifulium* were significantly lower than *A. altissimum*. The results also indicated that thermal requirement of *A. hertifulium* was less than the other species. Growth duration in *A. hertifulium* was 239 days with 1664 growing degree days (GDD) whereas *A. altissimum* needed 252 days with 2000 GDD. Plant density of 30 plant.m^{-2} caused a significant reduction in yield and bulb weight of *A. altissimum* but the number of bulb.m^{-2} was increased significantly. Same results were shown in *A. hertifulium* up to 20 plant.m^{-2}. Removing flowering stem treatment had significant effect on yield characteristics in both species. Removing flowering stem caused accumulation of more dry and fresh weight, diameter and volume in harvested bulbs compared to control.

Keywords: Density, Kalat, Lorestan, Shallot

1, 2 and 3- PhD Student in Crop Physiology, Professor and Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: samira.sabzevari@stu.um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 940

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 940

Effect of row spacing and plant density on yield quality and quantity of soybean under weed competition

Z. Jozarian[1], A. Yadavi[2]*, M. Movahhedi Dehnavi[2] and E. Maghsoudi[3]

Submitted: 27-11-2013
Accepted: 30-05-2014

Abstract

In order to study the effect of row spacing and plant density on quantity and quality yield of soybean in weed competitive condition, a field experiment was carried out at research farm of Yasouj Agricultural College in summer of 2011. Experiment arrangement was the factorial split-plot based on randomized complete block design with three replications. The main factor included weed (control and non control of natural weed flora) and sub plots involved factorial of soybean row spacing (with three levels 30, 45 and 60 cm) and plant density (with three levels 40, 50 and 60 plants.m^{-2}). Results showed increased density and reduced row spacing increased soybean yield so that the maximum grain yield was obtained in 60 plants per square meter (2405 kg.ha^{-1}) and 30 cm row spacing (2368 kg.ha^{-1}). Weed competition reduced up to 37 percent soybean grain yield. Increasing plant density and decreasing row space increased oil yield, whereas weed competition reduced up to 38 percent oil yield. In addition, with increased plant density and reduced soybean row spacing, weed dry weight was reduced, so that the minimum weed dry weight was obtained in 30 cm row spacing (531.3g.m^{-2}) and 60 plants per m^2 plant density (523.2 g.m^{-2}). The results indicating the effectiveness of the increase plant density and reducing row spacing of soybean for weed control.

Keywords: Grain yield, Oil, Planting pattern, Protein

1, 2 and 3- MSc Student of Agronomy, Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding and PhD Student of Agronomy, Dept of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University respectively.
(*- corresponding author Email: Yadavi@yu.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 941

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 941

Effects of Deficit Irrigation on Yield and Yield Components of Maize and Determining of Water Productivity in Nekuabad Isfahan Irrigation Network

H.R. Salemi[1], A.R. Tavakoli[2*], and N. Heydari[3]
Submitted: 05-12-2013
Accepted: 26-07-2014

Abstract

To illustrate the impact of various levels of deficit irrigation on yield and yield components of maize (*Zea mayz L.*) cultivar, a study was conducted based on randomized complete block as a split plot design with 3 replicates and two treatments for three crop seasons. Four levels of deficit irrigation including: conventional, 100, 80, and 60% of water level use were considered as main plots and two varieties (704 and 647) as subplots in a experimental site located in Shahid Fozveh research station. Significant differences ($P \leq 0.05$) were noticeable in grain yield, as well as depth and column of kernel among the irrigation treatments. In addition, the effects of cultivars on grain yield, 1000 kernel weight, number of kernel per ear row, number of kernel per column, and depth of kernels were non-significant. Results showed that, a decrease of 36 percent water applied (60% irrigation level treatment) compared to full irrigation, yield declined 11.4% and a decrease of 20 percent water applied (80% irrigation level treatment) compared to full irrigation, yield declined only 2%. Based on the results and considering the quantitative characteristics of the crop, it was established that for the deficit irrigating of maize, the 80% irrigation level is the most advantageous treatment when water is not limited. However, when higher water productivity and the possibility of using the water saved are taken into consideration during severe drought conditions, 60% irrigation level treatment is recommended.

Keywords: Drought, Evapotranspiration, Furrow, Irrigation

1, 2 and 3- Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Esfahan Province, Esfahan, Assistant Professor of Agricultural Engineering Research, Department, Agricultural and Natural Resources Research Center of Semnan Province (Shahrood), Shahrood and Assistant Professor of Agricultural Engineering Research Institute, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: art.tavakoli@gmail.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 942

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 942

Effects of biofertilizers on growth criteria, quantitative and qualitative yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.)

A. Faraji- Mehmani[1], B. Esmaielpour[2*], F. Sefikon[3], B. Abbaszadeh[4], K. Khavazi[5] and A.R. Ghanbari[6]

Submitted: 05-01-2014
Accepted: 28-02-2015

Abstract

In order to investigate the effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria ($PGPR_s$) inoculation on the growth, yield and quality of essential oils of summer savory (*Satureja hortensis* L.), an experiment were conducted based on randomized complete block design with three replications at Research Institute field of Forests and Rangelands, Karaj, Alborz during growing season of 2012-2013. The experimental treatments included suspension of three species of rhizobacteria namely *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Pseudomonas* in single and combination application of these bacteria included *Azotobacter- Azospirillum, Azotobacter –Pseudomonas*, *Azospirillum-Pseudomonas*, *Azotobacter- Azosperillium-Pseudomonas* and control (without any inoculation with bacteria), which applied as root inoculation on summer savory plants. Assessed traits included plant height, canopy diameter, dry weight and yield of shoot, leaf area and leaf dry weight, inflorescence number, dry weight and yield, percentage and yield of essential oil and component of essential oil content such as α-terpinene, and thymole. Results revealed that inoculation of plants with $PGPR_s$ had significant effect on all of assessed parameters such as vegetative growth criteria and essential oil yield and quality. The highest value for traits such as plant height (45.67 cm), canopy diameter (40.54 cm), dry weight of shoot (33.82 $g.plant^{-1}$), aerial part yield (3578 $kg.ha^{-1}$), leaf yield (451 $kg.ha^{-1}$), inflorescence yield (1398 $kg.ha^{-1}$), essential oil percentage (2.33 %) and essential oil efficiency (2.43 %) were obtained by application of *Azotobacter- Azosperillium-Pseudomonas* combination and the lowest amount for all of mentioned traits were achieved in control treatment. The highest amount of α-terpinene(53 $mg.L^{-1}$) thymole (48.5 $mg.L^{-1}$) were obtained by inoculation with *Azotobacter – Pseudomonas* combination and *Azotobacter*, respectively. In general the highest plant dry weight and essential oil yield can be obtained by combination of three assessed $PGPR_s$. Inoculation of summer savory by $PGPR_s$ enhancing root growth and development supplying favorable condition for plant growth with respect to supplying better condition for water and nutritional elements absorption from soils.

Keywords: *Azospirillum*, *Azotobacter*, Plant growth promoting rhizobacteria, *Pseudomonas*

1, 2, 3, 4, 5 and 6- Former Graduate Student, Associate Professor of Agricultural Science Faculty of Mohaghegh Ardabili University, Professor, Assistant professor of Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Associate Professor of Soil and Water research institution and Assistant professor of Agricultural Science Faculty of Mohaghegh Ardabili University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: behsmaiel@yahoo.com)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 943

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 943

Assessing production systems and biodiversity of medicinal plants in agroecosystems of Qazvin province

L. Tabrizi[1*], P. Amini[2] and K. Khoshbakht[3]

Submitted: 14-01-2014
Accepted: 08-01-2015

Abstract

In order to investigate biodiversity and production of cultivated medicinal plants in agroecosystems of Qazvin province, a study was conducted during year of 2011. Interviews were carried out with farmers by using semi-structured questionnaire to obtain information regarding to biodiversity and medicinal plants production systems in main regions under cultivation of medicinal plants including four regions of Qazvin province (Takestan, Abyek, Qazvin and Alamut). Then agrobiodiversity criteria such as species richness, diversity indices and Sorenson similarity index of medicinal plants were calculated. The results indicated that 36 medicinal plants species were cultivated in Qazvin province in which the most medicinal plants species under cultivation were belonged to Lamiaceae, Asteraceae and Apiaceae families. In addition, around 70% of medicinal plants agroecosystems in studied area were managed based on low input cropping systems. In general, species richness, was 16, 1, 24 and 20 in Takestan, Abyek, Qazvin and Alamut, respectively and also Shannon-Wiener index and species evenness index were 0.47 and 0.28, respectively in Qazvin province. Based on Sorenson similarity index, the highest similarity (0.61) was observed between Takestan and Alamut regions whereas Abyek with Qazvin and also Abyek with Alamut showed the lowest amount of similarity index. In general, results of this study revealed that Qazvin region was superior in most studied criteria compared to other studied regions that could be due to existence of medicinal plant industry in addition to geographical parameters in this region.

Keywords: Low input system, Similarity index, Species diversity, Species richness

1, 2 and 3- Assistant Professor and Former student, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj and Associate Professor, Department of Ecological Agriculture, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, G.C., Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: L.tabrizi@ut.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 944

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 944

The comparison of micro elements (Mn, Fe and Zn) and heavy metals (Co, Cr and Cd) in the soil of perennial farms of saffron (*Crocus sativus* L.) in southern Khorasan Province

M.A. Behdani[1*], M.H. Sayyari-Zahan[2], A. Alahrasani[3] and A.R Nakhaei[3]

Submitted: 09-05-2014
Accepted: 20-07-2014

Abstract

In order to study concentrations of soil micro elements and heavy metals in some saffron planting regions of Birjand Province, an experiment was performed as factorial layout based on a completely randomized block design with three replications during 2013. Factors were three field ages (annual, triennial and quinquennial) and five saffron regions including Aryan shahr, Hosseinabad, Khosef, Golferiz and Mahmoei. Soil microelements and heavy metals concentrations such as Fe, Zn, Mn, Co, Cr and Cd of soil were measured. The results showed that the concentrations of Fe, Zn, Mn and Cr in soil were significantly affected by field age ($p\leq0.05$). Effect of planting region was significant on soil Fe, Zn, Mn, Co and Cr concentrations ($p\leq0.01$). Interaction effects between field age and planting region were significant on Fe, Zn and Co concentrations ($p\leq0.01$). By increasing in field age soil Zn concentration was declined and heavy metals concentrations such as Co, Cr and Cd of soil were enhanced. Mn concentration in the quinquennial fields was 29 and 34% higher than annual and triennial first fields, respectively. Co content in the quinquennial fields was 53 and 46% higher than annual and triennial first fields, respectively. The maximum and minimum Fe concentrations were observed with 1.65 and 0.77 ppm for the fields of Khosef and Hosseinabad, respectively. The highest and lowest Fe concentrations were obtained with 2.436 and 0.77 ppm for the annual fields of Khosef and Hosseinabad, respectively. The highest Co concentrations were recorded in Hosseinabad and Khosef fields with 8.7 and 4.31 ppm, respectively. Thus, it is recommended to use ecological managements such as reducing the application of chemical fertilizers and improving the organic fertilizers to decline the concentrations of these elements in saffron fields.

Keywords: Environment, Heavy metal, Microelement, Organic fertilizer, Ecological management

1, 2 and 3- Associate Professor, Saffron Research Group, Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand and Master of Science, Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mabehdani@birjand.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 945

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 945

A comparison of utilization systems in terms of energy consumption of soybean (*Glycine max* L.) production in Moghan plain

A. Broumand[1], M.H. Aghkhani[2*] and H. Sadrnia[3]

Submitted: 23-05-2014
Accepted: 20-09-2014

Abstract

Evaluation of energy flow in utilization systems is considered to be a valuable technique for evaluation the sustainability level of these systems. The aim of this survey was to compare utilization systems (cooperative, private and governmental) in terms of energy consumption in Soybean production and the evaluation of energy inputs effect in yield of Soybean in Moghan. For this purpose, the data were collected by using a face-to-face questionnaire from 14 cooperative members, 54 private and 14 agro-industry units. The maximum energy input was observed in governmental utilization system (26784.84 $MJ.ha^{-1}$), followed by cooperative utilization system (24815.94 $MJ.ha^{-1}$). Furthermore, the energy output in cooperative utilization system, private and governmental were calculated 41947.5, 39948.61 and 43627.5 $MJ.ha^{-1}$, respectively. The share of renewable energy from the total energy input in cooperative utilization system, private and governmental was estimated 37.47, 37.84 and 31.07%, respectively, while it was respectively 62.53, 62.16 and 68.93% for non-renewable energy. The share of non- renewable energy sources was relatively high. Therefore, it seems that efforts should be made to substitute renewable sources for some part of the non- renewable sources. Energy analysis indicated that output–input energy ratio (energy used efficiency) in cooperative utilization system, private and governmental were 1.68, 1.63 and 1.62, respectively. In all energy indices, cooperative utilization system compared to private utilization and governmental utilization systems was more suitable. The elasticity production estimates indicated, that among the energy inputs, irrigation was the most important input that influences total energy of Soybean production.

Keywords: Cooperative utilization system, Energy indices, Energy sources, Production function, Renewable energy

1, 2 and 3- Former Graduate Student, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Biosystems Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: aghkhani@um.ac.ir)

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 4, Winter 2015, p. 946

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 6، شماره 4، زمستان 1393، ص. 946

Phytoextraction and estimating optimal time for remediation of Cd-contaminated soils by spinach (*Spinacia oleracea* L.)

S. Eisazadeh Lazarjan[1], S. Asadi Kapourchal[2*] and M. Homaee[3]

Submitted: 28-05-2014
Accepted: 21-07-2014

Abstract

The so-called phytoextraction in which hyperaccumulator plants are used to remediate the contaminated soils is proven to be an efficient method. The objective of this study was to investigate the capability and efficiency of spinach for phytoremediation of cadmium from Cd-contaminated soils. For this purpose, a completely randomized design with five treatments including 0, 15, 30, 60 and 120 mg Cd/ kg soil and three replications was established in natural conditions. After contaminating the experimental soils with different levels of cadmium, the seeds of spinach were planted. When plants were fully developed, plants were harvested and their cadmium contents in shoots and roots as well as the soil-cadmium were measured. The results indicated that by increasing Cd concentration in soil, the most Cd accumulation was occurred in the roots rather than shoots. Maximum cadmium concentration within the shoots and roots was 73.7 and 75.86 $mg.kg^{-1}$ soil, respectively. According to spinach ability to absorb high concentration of cadmium in the root zone and its high biomass and capability of cadmium accumulation in shoots, this plant can be used as a hyperaccumulator to remediate cadmium from Cd-contaminated soils. But, according to minimum remediation time and maximum dry matter for the 30 mg Cd/ kg soil, maximum Cd extracted by shoots in hectare/year was in 30 mg Cd/ kg soil. It can be concluded that spinach is a suitable plant for phytoremediation of slight to moderately cadmium contaminated topsoils.

Keywords: Heavy metals, Hyperaccumulator plant, Phytoremediation, Soil contamination

1, 2 and 3- MSc Graduated Student, Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Assistant professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
(*- Corresponding author Email: safooraasadi@guilan.ac.ir)

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

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

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

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

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

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

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

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

فهرست منابع:

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

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

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

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

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

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

۲- کتاب تالیف شده:

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

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

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

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

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

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

۷- رساله‌های تحصیلی:

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

۸- کنفرانس‌ها ی علمی:

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

۹- گزارش‌های علمی:

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

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

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

۱۰- نرم افزار های کامپیوتری:

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

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

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

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

صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

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

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

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

Contents

The study of nutritional management of mother plant and seed priming by biofertilizers on improve salinity tolerance of wheat (*Triticum aestivum L.*) cv. Sayonz at germination period. 689
H.R. Fallahi, P. Rezvani Moghaddam, M.B. Amiri, M. Aghhavani-Shajari and R. Yazdani-Biuki

Investigation of weed community diversity in forage crop fields in different provinces of Iran 701
E. Azizi, L. Alimoradi and R. Ghorbani

Effects of corm planting density and manure rates on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year after planting 719
A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam, A. Mollafilabi and S.M. Seyyedi

The effect of organic fertilizers and different sowing dates on yield and yield components of flower and grain of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) 730
P. Rezvani Moghaddam, M. Akbar Abadi and F. Hassanzadeh Aval

Long term estimation of carbon dynamic and sequestration for Iranian agro-ecosystem: I- Net primary productivity and annual carbon input for common agricultural crops 741
M. Nassiri Mahalati, A. Koocheki, H. Mansoori and R. Moradi

The effects of super absorbent polymer application into soil and humic acid foliar application on some agrophysiological criteria and quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under Mashhad conditions 753
M. Jahan, M. Nassiri Mahallati, F. Ranjbar, M. Aryaee and N. Kamayestani

Evaluation the effects of relay intercropping of Styrian pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) with irrigated and rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L.) on yield and yield components as affected by chickpea residue mulch 767
A. Momen, R. Ghorbani, M. Nassiri Mahallati, G.A. Asadi and M. Parsa

Study of possibility of improving root growth of two lentil (*Lens culinaris* L.) cultivars using symbiosis Mycorrhiza and Azospirillum under Rainfed Condition 779
S. Maleki, F. Aghayari, M. Ardakani and F. Rejali

Leaf appearance rate and seed yield of fennel (*Foeniculum vulgare* L.) as affected by interfering effects of lambsquarters (*Chenopodium album* L.) 788
B. Mirshekari

Investigating some quantitative and qualitative characteristics of wild marjoram (*Origanum vulgare* subsp. Virid.) as affected by different levels of azocompost and urea 798
R. YazdaniBiouki, M. BannayanAvval, H.R. Khazaei and H. Sodaeeizadeh

Evaluation of diversity in agricultural plants and effectiveness of management factors in non-hunting areas of Gharaviz and marginal regions 812
A. Asgari, K. Khoshbakht, S. Soufizadeh and J. Kambouzia

CO_2 emission and global warming potential (GWP) of energy consumption in paddy field production systems 823
S. Dastan, A. Soltani, G. Noormohamadi and H. Madani

Investigation of thermal requirement, growth and yield characteristics of two species of Persian shallot (*Allium altissimum* and *A. hertifulium*) in different density, bulb weight and flowering stem removing 836
S. Sabzevari, M. Kafi, M. Bannayan and H.R. Khazie

Effect of row spacing and plant density on yield quality and quantity of soybean under weed competition 848
Z. Jozarian, A. Yadavi, M. Movahhedi Dehnavi and E. Maghsoudi

Effects of Deficit Irrigation on Yield and Yield Components of Maize and Determining of Water Productivity in Nekuabad Isfahan Irrigation Network 858
H.R. Salemi, A.R. Tavakoli, and N. Heydari

Effects of biofertilizers on growth criteria, quantitative and qualitative yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) 870
A. Faraji- Mehmani, B. Esmaielpour, F. Sefikon, B. Abbaszadeh, K. Khavazi and A.R. Ghanbari

Assessing production systems and biodiversity of medicinal plants in agroecosystems of Qazvin province 880
L. Tabrizi, P. Amini and K. Khoshbakht

The comparison of micro elements (Mn, Fe and Zn) and heavy metals (Co, Cr and Cd) in the soil of perennial farms of saffron (*Crocus sativus* L.) in southern Khorasan Province 891
M.A. Behdani, M.H. Sayyari-Zahan, A. Alahrasani and A.R Nakhaei

A comparison of utilization systems in terms of energy consumption of soybean (*Glycine max* L.) production in Moghan plain 905
A. Broumand, M.H. Aghkhani and H. Sadrnia

Phytoextraction and estimating optimal time for remediation of Cd-contaminated soils by spinach (*Spinacia oleracea* L.) 916
S. Eisazadeh Lazarjan, S. Asadi Kapourchal and M. Homaee

Agroecology

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 6 No. 4 Winter 2015

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parvaz 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

Dr. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

Dr. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad Press

Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,

P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran

Tel: +98- 51– 38806454

Fax: +98- 51– 38796841

Email: agroecology@um.ac.ir

Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology/index