

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)



شماره ۴
جلد ۷
زمستان ۱۳۹۴

Vol. 7
No. 4
Winter 2016

Jornal of Agroecolog (Quarterly)

ISSN: 2008-7713

۷۷۱۳-۲۰۰۸:شاپا

عنوان مقالات

- اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.) ۴۲۵
علیرضا کوچکی، حمیدرضا فلاحتی، محمد بهزاد امیری و حمیدرضا اخیایی
- تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) ۴۴۳
(مطالعه موردی: دشت بیرجند)
میترا رحمانی، مجید جامی الاحمدی، علی شهیدی و مصطفی هادی زاده ازغندی
- بررسی تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده (Acari: Phytoseiidae) ۴۶۱
در اکوسیستم‌های مختلف شهرستان ساری
جواد امید، علیرضا هادی زاده و محمود محمدی شریف
- بررسی اثر فاصله ردیف و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادامزمینی (*Arachis hypogaea* L.) ۴۷۳
از طریق شاخص‌های رقابتی
مهدیه رجایی، مهدی دهمرده، عیسی خمیری و سید محسن موسوی نیک
- بررسی جنبه‌های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) ۴۸۵
گودرز احمدوند و سمیه حاجی‌نیا
- اثر منابع مختلف کود بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی ۴۹۹
احمد قاسمی، احمد قنبری، براتعلی فاخری و حمید رضا فنایی
- ارزیابی توان جذب آب سوپر جاذب در پاسخ به تغییرات دما، شوری و تناوب آب‌گیری و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط کم‌آبیاری ۵۱۳
حمیدرضا فلاحتی، مهسا اقحوانی شجری، رضا طاهرپور کلاتری و محمد قاسم سلطان‌زاده
- پهنه‌بندی وقوع خشک‌سالی در استان فارس تحت تأثیر شرایط تغییر اقلیم با استفاده از شاخص بارش استاندارد ۵۲۸
رضا دیهیم فرد، حامد عینی نرگسه و مسعود حقیقت
- بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) به تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی ۵۴۷
فیاض آقاییاری، ابوالفضل فرجی و علیرضا کرد کتولی
- اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاد ۵۶۳
پرویز رضوانی مقدم، محمد بهزاد امیری و حمید رضا اخیایی

Contents

- Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.) 425
A. Koocheki, H.R. Fallahi, M.B. Amiri and H.R. Ehyaei
- Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain) 443
M. Rahmani, M. Jami Al-Ahmadi, A. Shahidi and M. Hadizadeh Azghandi
- Species diversity of phytoseiid mites on different ecosystems in Sari district 461
J. Omid, A. Hadizadeh and M. Mohammadi Sharif
- Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices 473
M. Rajaii, M. Dahmardeh, I. Khammari and S.M. Mousavi Nik
- Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) 485
G. Ahmadvand and S. Hajinia
- Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) influenced by tillage managements 499
A. Ghasemi, A. Ghanbari, B.A. Fakheri and H.R. Fanaie
- Evaluation of superabsorbent efficiency in response to dehydration frequencies, salinity and temperature and its effect on yield and quality of cotton under deficit irrigation 513
H.R. Fallahi, M. Aghhavani Shajari, R. Taherpour Kalantari and M.G. Soltanzadeh
- Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index 528
R. Deihimfard, H. Eyni Nargesch and M. Haghighat
- Determination of yield and yield components response of soybean (*Glycine max* L.) to sowing date, temperature and sunshine hours 547
F. Aghayari, A. Faraji and A. Kordkatooli
- Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system 563
P. Rezvani Moghaddam, M.B. Amiri and H.R. Ehyae

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه 89/22515 مورخه 89/9/28 از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره 89/3/11/52479 مورخه 89/9/8 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد 7 شماره 4 زمستان 1394

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 (به ترتیب حروف الفبا)

دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

دکتر سرور خرم دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر عادل دباغ محمدی نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر احمد زارع فیض آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر محمد گلوی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

دکتر مهدی نصیری محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

چاپ: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: 20 نسخه

قیمت: 5000 ریال (دانشجویان 2500 ریال)

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

پستی: 91775-1163

نمابر: 051-38787430

تلفن: 051-38804654

پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.

<http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology>

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- 425 اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)
علیرضا کوچکی، حمیدرضا فلاحی، محمد بهزاد امیری و حمیدرضا احیایی
- 443 تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (مطالعه موردی: دشت بیرجند)
میرزا رحمانی، مجید جامی الاحمدی، علی شهیدی و مصطفی هادی‌زاده ازغندی
- 461 بررسی تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده (Acari: Phytoseiidae) در اکوسیستم‌های مختلف شهرستان ساری
جواد امیدی، علیرضا هادی‌زاده و محمود محمدی شریف
- 473 بررسی اثر فاصله ردیف و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) از طریق شاخص‌های رقابتی
مهديه رجایی، مهدی دهمرده، عیسی خمیری و سید محسن موسوی نیک
- 485 بررسی جنبه‌های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.)
گودرز احمدوند و سمیه حاجی‌نیا
- 499 اثر منابع مختلف کود بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی
احمد قاسمی، احمد قنبری، براتعلی فاخری و حمید رضا فنایی
- 513 ارزیابی توان جذب آب سوپرجاذب در پاسخ به تغییرات دما، شوری و تناوب آب‌گیری و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط کم‌آبایی
حمیدرضا فلاحی، مهسا اقحوانی شجری، رضا طاهرپور کلانتری و محمد قاسم سلطان‌زاده
- 528 پهنه‌بندی وقوع خشک‌سالی در استان فارس تحت تأثیر شرایط تغییر اقلیم با استفاده از شاخص بارش استاندارد
رضا دیهیم فرد، حامد عینی نرگسه و مسعود حقیقت
- 547 بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) به تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی
فیاض آقاییاری، ابوالفضل فرجی و علیرضا کرد کتولی
- 563 اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاد
پرویز رضوانی‌مقدم، محمد بهزاد امیری و حمید رضا احیایی

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 provide a firm foundation for designing and managing the sustainable agriculture of the future. On the one hand, agroecological studies of traditional agriculture can point out the strengths and values of local knowledge. On the other hand, an agroecological analysis of modern agriculture can point out both the strengths as well as the weaknesses of new technologies. A combination of local knowledge and new understanding, all tested by an analysis of sustainability, can once again provide the natural resource conserving, economically sound, and socially equitable agriculture needed for the future.

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

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

سخن سردبیر

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

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

بوم‌شناسی کشاورزی علمی جامع و همه‌جانبه نگر بوده و کلیه جنبه‌های فرآیند تولید غذا از زنجیره تولید تا مصرف را مورد نظر دارد. بدون تردید 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 کارایی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

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

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

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی



به نام 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 قابل توجه 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. به همین 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 به اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین ترتیب 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، به عنوان 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 چند منظوره 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 نه تنها 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. به همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله‌ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله‌ای «بوم‌شناسی» 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 خاک‌ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حداقل اتکاء به نهاده‌های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره‌برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمی 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 اگر و اکولوژیکی
- استفاده از بقایای محصولات زراعی در تهیه سوخت‌های زیستی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین در اکوسیستم‌های کشاورزی
- کاربرد کودهای بیولوژیک، استفاده از میکوریزا و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
- کاربرد کمپوست و فرآورده‌های مشابه
- اصلاح خاک از طریق فرآورده‌های بیولوژیک
- 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 به صورت 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 آنجایی که 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 1/5 بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه 12 تایپ شود و شکل‌ها و جدول‌ها نیز به همین نرم‌افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جدول‌ها به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه 10 با فاصله خط 1 نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جدول‌ها بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر 15 صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله به صورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخش‌های چکیده فارسی، مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط انگلیسی کاملاً تفکیک و محتوای آن‌ها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر 20 کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه 14 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 فارسی مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه انگلیسی است بایستی بین 600-700 واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:
 1. Title
 2. Author(s)
 3. Affiliation
 4. Introduction
 5. Materials and Methods
 6. Results and Discussion
 9. Conclusion
 10. Acknowledgements
 11. Keywords
 12. References
- تعداد منابع که باید در بخش مقدمه به آن‌ها ارجاع داده شود حداکثر سه منبع مهم که در متن مقاله نیز از آن‌ها استفاده شده بایستی در نظر گرفته شود. همچنین بایستی بین قسمت‌های چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که 30% مربوط به مقدمه، 20% مواد و روش‌ها و 50% مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه‌گیری کلی نوشته شود.

- **واژه‌های کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. واژه‌های کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع به صورت 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, Samuel et al. (2008) و (2009).
- **جدول‌ها و شکل‌ها:** در تنظیم جدول‌ها 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 عنوان‌های جدول‌ها در زیر نوشته فارسی آن‌ها درج شوند. محتوای جدول‌ها (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکل‌ها کاملاً انگلیسی تنظیم گردند. به طور کلی اطلاعات شکل‌ها و جدول‌ها قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.

فهرست منابع:

- الف - کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه 12 در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه 0/5 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 به صورت 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:
- 1- 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.
- 2- کتاب تألیف شده:
- Pretty, J. 1995. *Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance*. Earthscan Publications Limited, London.
- 3- 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.
- 4- 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).

5- 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).

6- 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).

7- 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)

8- کنفرانس‌های 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.

9- 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/SAFEWexecsumfinalreport.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.cdffa.ca.gov/is/i&c/docs/2004stateData.pdf (verified October 2005).

10- نرم افزارهای 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، دفتر مجله بوم‌شناسی کشاورزی

صندوق پستی: 91775-1163

تلفن: 051-38804655 شماره: 051-3880465538796841 E-mail: Agroecology@um.ac.ir

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

از آنجائیکه نشریه بوم‌شناسی 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.



اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.)

علیرضا کوچکی^{1*}، حمیدرضا فلاحی²، محمد بهزاد امیری³ و حمیدرضا اخیایی⁴

تاریخ دریافت: 1390/11/17

تاریخ پذیرش: 1391/10/17

کوچکی، ع.، فلاحی، ح.ر.، امیری، م.ب.، و اخیایی، ح.ر. 1394. اثرات کاربرد هیومیک اسید و وزن بنه مادری بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativus* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 425-442.

چکیده

به منظور مطالعه اثرات وزن بنه مادری و مدیریت تغذیه‌ای بر وضعیت رشدی بنه‌های خواهری، عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی 89-1388 و 90-1389 اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل وزن بنه مادری (بنه ریز با وزن چهار تا پنج گرم، متوسط با وزن شش تا هشت گرم و درشت با وزن نه تا ده گرم) و سطوح مختلف مصرف اسید هیومیک (صفر، 20، 40، 60، 80 و 100 کیلوگرم در هکتار) (با نام تجاری هیومکس) بودند. نتایج نشان داد که استفاده از بنه‌های مادری درشت موجب بهبود نسبی شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری و عملکرد زعفران می‌شود؛ به طوری که وزن کل بنه‌های خواهری در هر بوته، تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل و عملکرد کلاله خشک در تیمار استفاده از بنه‌های مادری درشت، به ترتیب به میزان 46، 19، 15 و 28 درصد بیشتر از تیمار استفاده از بنه‌های مادری ریز جهت کاشت زعفران بود. استفاده از سطوح مختلف اسید هیومیک نیز بر بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران اثرات مثبتی داشت. در تیمار کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک، مقدار شاخص‌های متوسط تعداد جوانه در هر بنه، متوسط قطر بنه، متوسط وزن بنه، تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل و عملکرد کلاله خشک به ترتیب به میزان نه، 18، 41، 33، 43 و 55 درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید هیومیک بود. در مجموع نتایج این تحقیق بیانگر اثرات سودمند استفاده از بنه‌های مادری درشت جهت کاشت زعفران و نیز کاربرد اسید هیومیک، بر بهبود رشد و عملکرد گیاه ارزشمند زعفران بود.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کلاله، عملکرد گل، قطر بنه، مدیریت تغذیه‌ای

Abadi et al., 2011; Mohammad Abadi et al., 2011). سالانه در کشور

ایران حدود 210 تن کلاله خشک از سطح حدود 62 هزار هکتار

برداشت شده که این مقدار بیش از 90 درصد تولید جهانی این

محصول ارزشمند را شامل می‌شود و در این بین استان خراسان

رضوی با سطح زیر کشت بیش از 49 هزار هکتار و میزان تولید

سالانه 148 تن و استان خراسان جنوبی با سطح زیر کشت بیش از

11 هزار هکتار و میزان تولید 41 تن در سال، بیشترین سهم را در

تولید ملی و جهانی این محصول دارا می‌باشند (Mohammad

Abadi et al., 2011; Rezvani Moghaddam et al., 2011).

با توجه به اهمیت و جایگاه ارزنده زعفران در کشاورزی ایران

ضرورت دارد تا در خصوص بهبود روش‌های کاشت و داشت این

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L. به عنوان گران

قیمت‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان، جایگاه ویژه‌ای در بین

محصولات صنعتی و صادراتی ایران داشته و در صنایع غذایی،

بهداشتی، آرایشی و دارویی مصارف متعددی دارد (Koocheki et al.,

1، 2، 3 و 4- به ترتیب استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه بیرجند، استادیار دانشکده کشاورزی، مجتمع آموزش عالی گناباد و

دانش‌آموخته دکتری دانشگاه فردوسی مشهد و دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی

مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

محصول ارزشمند تحقیقات جامعی صورت پذیرد و در این ارتباط اثرات وزن بنه مادری و مدیریت تغذیه‌ای گیاه به خصوص مصرف کودهای آلی مهم تلقی می‌شود؛ چرا که کودهای آلی در کشاورزی پایدار به عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی مطرح بوده و سبب افزایش حاصلخیزی خاک و رشد گیاه می‌گردند و مطالعه اثر این قبیل کودها بر گیاهان دارویی مهم نظیر زعفران دارای اهمیت است (Omidi et al., 2009). در بین کودهای سازگار با طبیعت، اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی بدون اثرات مخرب زیست‌محیطی باعث بهبود ساختار فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و به دلیل دارا بودن ترکیبات هورمونی، اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی دارد (Sabzevari & Khazaie, 2009; Sabzevari et al., 2010).

برخی از محققین مطالعاتی را در زمینه اثر کودهای آلی و زیستی بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران انجام داده‌اند. در پژوهشی اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک نیتروکسین و کود دلفارد بر رشد و عملکرد زعفران بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد گل در واحد سطح و عملکرد گل و کلاله با کاربرد کود دلفارد و بیشترین تعداد بنه 0- (Koocheki et al., 2011b). در مطالعه دیگری گزارش شد که کاربرد منفرد و تلفیقی کود بیولوژیک نیتروکسین اثرات مثبت قابل ملاحظه‌ای بر کمیت و کیفیت زعفران اعمال نمود (Omidi et al., 2009). در تحقیقی در کشور هند اثرات کاربرد توأم آزوسپریلوم و میکوریزا و نیز ازتوباکتر + ورمی کمپوست بر عملکرد و تولید بنه در زعفران مثبت گزارش شد (Nehvi et al., 2010). در پژوهش دیگری نیز بیان شد که تلقیح منفرد یا تلفیقی زعفران با میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش قطر بنه و میزان گل‌آوری گردید (Aimo et al., 2010). همچنین در مطالعه‌ای اثرات استفاده از بیوهورمون حاوی هیومیک و مواد بیولوژیکی فعال بر تعداد بنه خواهری و وزن تر و خشک کلاله زعفران مثبت گزارش شد (Aytekin & Acikgoz, 2008).

یکی دیگر از فاکتورهای مؤثر بر رشد و عملکرد زعفران، اندازه بنه‌های مادری جهت کشت می‌باشد. تحقیقات نشان داده است که برای کشت زعفران باید بنه‌های با وزن بالاتر از هشت گرم را انتخاب نمود، زیرا بنه‌های درشت نه تنها در همان سال اول تولید عملکرد مناسبی می‌کنند، بلکه از طریق بچه‌زایی بیشتر و تولید بنه‌های

خواهری درشت‌تر ظرفیت گل‌آوری و عملکرد مزرعه را برای سال بعد نیز افزایش می‌دهند (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). در پژوهشی گزارش شد که استفاده از بنه‌های مادری با وزن بالای نه گرم اثرات مثبتی بر گل‌آوری و افزایش عملکرد زعفران داشت (Nassiri Mahallati et al., 2008). در تحقیقات دیگری نیز ارتباط موجود بین اندازه بنه مادری و عملکرد زعفران بررسی و نقش مثبت استفاده از بنه‌های درشت در تولید بنه‌های خواهری بزرگ‌تر و بهبود عملکرد این گیاه مورد تأیید قرار گرفته است (Badiyala & Saroch, 1997; Kaushal & Upadhyay, 2002; Omidbaigi et al., 2002; Nassiri et al., 2008).

با توجه به جایگاه استراتژیک گیاه دارویی زعفران در کشاورزی ایران و نظر به اهمیت بهبود روش‌های تولید و تغذیه این گیاه ارزشمند، به شکلی که از یک سو سازگار با اصول اکولوژیک بوده و از طرفی دیگر، کمیت و کیفیت تولید محصول را تضمین نماید، در این تحقیق اثرات کاربرد خاکی اسید هیومیک در سطوح مختلف وزن بنه زعفران مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر وزن بنه مادری و کاربرد اسید هیومیک بر شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری و عملکرد گل و کلاله زعفران آزمایشی فاکتوریل بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سال‌های 89-1388 و 90-1389 اجرا گردید. فاکتورهای مورد مطالعه شامل سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، 20، 40، 60، 80 و 100 کیلوگرم در هکتار) و وزن بنه مادری (بنه ریز با وزن چهار تا پنج گرم، متوسط با وزن شش تا هشت گرم و درشت با وزن نه تا ده گرم) بود. قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک محل پژوهش نمونه‌برداری انجام گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 نشان داده شده است. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین، کاشت زعفران در اوایل مهرماه سال 1388 در کرت‌هایی با مساحت چهار مترمربع انجام شد. فاصله کشت بنه روی ردیف 10 سانتی‌متر، فواصل بین خطوط کاشت 20 سانتی‌متر و عمق کاشت 10 سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physico-chemical characteristics of studied experimental soil site

شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	نیترژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس (پی- پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Potassium Available (ppm)	بافت Texture
7.7	1.1	0.078	10	473	سیلت-لومی Silt-loam

جدول 2- مشخصات اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Characteristics of humic acid used in the experiment

اسید فلوویک (درصد) Fluvic acid (%)	اکسید پتاسیم (درصد) K ₂ O (%)	اسید هیومیک (درصد) Humic acid (%)	نام تجاری Commercial name
15	5	80	هیومکس WGS-95
			Humax 95-WGS

نتایج و بحث

وضعیت رشدی بنه‌های خواهری

اثر وزن بنه مادری بر صفات تعداد بنه خواهری، متوسط وزن و قطر بنه خواهری، مجموع وزن بنه‌ها بدون فلس، مجموع وزن فلس-ها و نیز وزن تر و خشک بنه‌های موجود در هر بوته معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول 3). با افزایش وزن بنه‌های مادری، تعداد جوانه موجود در هر بنه خواهری به طور نسبی افزایش یافت، هر چند این افزایش قابل ملاحظه نبود. بیشترین تعداد بنه خواهری در هر بوته در تیمارهایی که وزن بنه مادری کاشته شده، کمتر بود به دست آمد. متوسط وزن و قطر بنه خواهری در بنه‌های مادری درشت‌تر بیشتر بود، به این ترتیب که وزن و قطر بنه خواهری در بنه‌های مادری بیش از نه گرم به ترتیب 21 و 19 درصد بیشتر از بنه‌های زیر چهار گرم بود. وزن کل بنه منهای وزن فلس و وزن فلس‌های موجود در هر بوته، در بنه‌های مادری درشت‌تر به مراتب بیشتر بود؛ به طوری-که، وزن کل بنه منهای وزن فلس، هنگامی که وزن بنه مادری کاشته شده بیش از نه گرم بود به میزان 87 درصد بیشتر از تیمار کمترین وزن بنه مادری بود (جدول 4). وزن کل بنه‌های خواهری (بنه به همراه فلس) در بوته و نیز وزن خشک بنه‌های خواهری منهای وزن فلس، در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر، به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت؛ به طوری که مقدار این دو شاخص در تیمار کاربرد بزرگ‌ترین وزن بنه مادری به ترتیب 92 و 77 درصد بیشتر از

آبیاری (به صورت غرقابی)، وجین و سایر عملیات زراعی، مطابق با عرف رایج در منطقه صورت گرفت و در جریان اجرای آزمایش از هیچ نوع کود و سم شیمیایی استفاده نشد. اسید هیومیک مورد استفاده در آزمایش اسید هیومیک 80 درصد با نام تجاری هیومکس بود (جدول 2). اسید هیومیک (به صورت محلول در آب) پس از کاشت و همراه با اولین آبیاری به صورت کاربرد خاکی مورد استفاده قرار گرفت، ضمن این که سطوح مختلف اسید هیومیک در سال 89 نیز همراه با آب آبیاری به زمین اضافه شدند.

شاخص‌های کمی زعفران شامل تعداد گل در واحد سطح، عملکرد گل تر و نیز عملکرد کلاله تر و خشک در پاییز سال‌های 1388 و 1389 مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. پس از اتمام آزمایش و در بهار سال 1390 در هر کرت بنه‌های خواهری موجود در سه بوته، از خاک خارج و در آزمایشگاه شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی آن‌ها از قبیل متوسط تعداد بنه خواهری در هر بوته (کلون)، متوسط تعداد جوانه در هر بنه خواهری، متوسط وزن کل بنه‌ها منهای وزن فلس در هر بوته، وزن کل فلس‌ها در هر بوته، نسبت وزن بنه‌های بدون فلس به وزن فلس، وزن کل بنه‌های هر بوته (بنه به همراه فلس)، متوسط وزن بنه خواهری و متوسط قطر بنه خواهری مورد بررسی قرار گرفت.

در پایان داده‌های حاصله، با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 آنالیز آماری گردید. همچنین مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

های موجود در هر بوته (منهای وزن فلس)، در شرایطی که از بنه‌های مادری با وزن متوسط به بالا استفاده شده بود به نسبت قابل ملاحظه بود؛ به طوری که بیشترین مقدار این شاخص در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت و مصرف 100 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد که در مقایسه با تیماری که در آن از بنه‌های مادری ریز جهت کاشت استفاده و اسید هیومیک نیز مصرف نشده بود، به میزان 70 درصد افزایش نشان داد (جدول 5). تقریباً در تمامی تیمارهای وزنی بنه مادری (ریز، متوسط، درشت)، با مصرف اسید هیومیک روند تغییرات وزن فلس‌های موجود در هر بوته کاهش و روند تغییرات نسبت وزن بنه به وزن فلس افزایشی بود. کاربرد خاکی اسید هیومیک وزن خشک بنه‌های خواهری موجود در هر بوته را به خصوص در تیمارهای استفاده از بنه‌های مادری متوسط و درشت افزایش داد (جدول 5). در مجموع، کاربرد سطوح بالاتر اسید هیومیک و استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر، باعث بهبود نسبی شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری گردید.

گزارش شده است که وزن بنه، اثر چشم‌گیری بر تولید بنه‌های خواهری و متعاقب آن عملکرد گل در زعفران دارد (Kumar et al., 2009). استفاده از بنه‌های مادری درشت باعث تولید تعداد بنه خواهری بیشتری شده و نهایتاً بر تولید گل در گیاه زعفران اثر می‌گذارد (DeMastro & Ruta, 1993). در مطالعات دیگری نیز اثر استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر بر گل‌آوری زعفران مثبت گزارش شده است (Singh et al., 1994; Nassiri et al., 2008). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2011a,b) گزارش کردند که نقش اندازه و وزن بنه مادری در تعیین عملکرد نهایی زعفران بیشتر از تعداد بنه در واحد سطح است. از این‌رو جهت بهبود عملکرد زعفران به جای تمرکز روی افزایش تعداد بنه‌های کشت شده در واحد سطح، بهتر است روی بهبود صفات مربوط به تک بنه تمرکز گردد و روش‌های زراعی و اصلاحی تولید بنه‌های درشت‌تر و دارای ذخیره غذایی بیشتر، مورد توجه قرار گیرد (Mohammad Abadi et al., 2011).

تیمار استفاده از بنه‌های مادری زیر چهار گرم بود (جدول 4). به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کاشت بنه‌های مادری درشت‌تر باعث بهبود شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری می‌گردد.

اثر کاربرد خاکی اسید هیومیک تقریباً بر تمامی شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی بنه‌های خواهری معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول 3). بیشترین مقدار متوسط تعداد جوانه در هر بنه، در بالاترین سطح مصرف اسید هیومیک (100 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. بیشترین تعداد بنه خواهری در هر بوته نیز در سطح 20 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک مشاهده شد (جدول 4). بر اساس نتایج آزمایش، بیشترین (4/30 گرم) و کمترین (2/54 گرم) متوسط وزن تک بنه به ترتیب در سطوح 100 و صفر کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد. سطوح مختلف اسید هیومیک اثر قابل ملاحظه‌ای بر وزن کل بنه‌های موجود در هر بوته نداشتند، اما مقدار وزن کل فلس‌های هر بوته، با کاربرد این ماده کاهش یافت و در نهایت باعث شد تا نسبت وزن بنه‌های بدون فلس به وزن فلس در هر بوته، در تیمارهای کاربرد خاکی اسید هیومیک در مقایسه با تیمار عدم کاربرد این ماده غذایی افزایش یابد که به معنای داشتن مواد ذخیره‌ای بیشتر در این بنه‌ها جهت آغاز رشد گیاه در ابتدای فصل رویش می‌باشد (Mohammad Abadi et al., 2011). در حالی که بالاترین سطوح مصرف اسید هیومیک (80 و 100 کیلوگرم در هکتار) اثری بر افزایش وزن تر بنه‌های موجود در هر بوته نداشتند؛ اما، باعث افزایش قابل ملاحظه مقدار وزن خشک بنه‌ها گردیدند؛ به طوری که این دو سطح به طور متوسط 25 درصد شاخص مذکور را افزایش دادند (جدول 4). به طور کلی کاربرد خاکی اسید هیومیک، به خصوص سطوح 80 و 100 کیلوگرم در هکتار، به طور نسبی باعث بهبود وضعیت رشدی بنه‌های خواهری زعفران گردید. اثر متقابل وزن بنه مادری و کاربرد خاکی اسید هیومیک بر تمامی شاخص‌های مربوط به وضعیت رشدی بنه‌های خواهری معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول 3). بیشترین مقدار متوسط تعداد جوانه در هر بنه خواهری، با کاشت بنه‌های دارای وزن متوسط به بالا و در سطوح بالای مصرف اسید هیومیک به دست آمد. بیشترین مقدار متوسط قطر بنه خواهری نیز در شرایط استفاده از بنه‌های مادری دارای وزن متوسط به بالا (شش تا هشت گرم و نه تا ده گرم) و مصرف بیشترین سطح اسید هیومیک مشاهده شد. در تمامی طیف‌های وزنی بنه مادری استفاده شده جهت کاشت، با مصرف اسید هیومیک متوسط وزن بنه خواهری افزایش یافته و بیشترین مقدار آن در بالاترین سطح کاربرد اسید هیومیک یعنی 100 کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول 5). اثر کاربرد اسید هیومیک در افزایش وزن بنه-

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی زعفران در شرایط کاربرد سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه
Table 3- Analysis of variance for some quantitative characteristics of saffron in condition of humic acid and corm weight application

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	متوسط تعداد جوانه در هر بنه Average number of bud per corm	تعداد بنه خواهری Number of replacement corm	متوسط قطر بنه Average diameter of corm	متوسط وزن بنه Average weight of corm	وزن کل بنه‌ها بدون قلم Total weight of corm without scale	وزن قلم‌ها بدون قلم‌ها weight of scales	نسبت وزن کل بنه‌های قلم‌ها Total weight of corm without scale to total weight of scales	وزن تر کل بنه‌ها Total fresh weight of corms	وزن خشک کل بنه‌ها Total dry weight of corms
تکرار Block	2	0.005 ^{ns}	107.91 ^{**}	0.01 ^{ns}	0.63 ^{ns}	3080.30 ^{ns}	65.11 ^{ns}	31.60 [*]	2313.31 ^{ns}	366.80 ^{ns}
وزن بنه Weight of corm	2	0.043 ^{ns}	990.94 ^{**}	0.50 ^{**}	2.09 ^{**}	108218.54 ^{**}	2626.39 ^{**}	38.18 [*]	144295.17 ^{**}	11986.43 ^{**}
سطوح اسید هیومیک Levels of humic acid	5	0.98 [*]	331.35 ^{**}	0.28 ^{**}	3.58 ^{**}	10964.23 ^{**}	257.38 ^{**}	16.33 ^{ns}	12405.94 ^{**}	3191.61 ^{**}
وزن بنه × اسید هیومیک Corm weight×Humic acid	10	0.79 [*]	327.94 ^{**}	0.21 ^{**}	1.93 ^{**}	12718.48 ^{**}	556.05 ^{**}	51.29 ^{**}	16186.70 ^{**}	1565.75 ^{**}
خطا Error	34	0.327	19.64	0.05	0.28	2249.94	44.70	8.16	2492.87	344.11
ضرب تغییرات (درصد) CV (%)	-	19.08	11.40	16.68	17.33	18.32	24.63	25.50	17.45	23.41

ns و ** و *** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار
*, ** and ns: Represent significant at 5 and 1 probability levels and non-signification, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر برخی خصوصیات کمی زعفران
Table 4- Means comparison of effects of humic acid and corm weight on some quantitative characteristics of saffron

وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	متوسط تعداد جوانه Average number of bud per corm	تعداد بنه خاوری Number of replacement corms per clone	متوسط قطر بنه (سانتی متر) Average diameter of corm (cm)	متوسط وزن بنه (گرم) Average weight of corm (g)	وزن کل بنه ها Total weight of corm without scale (g.plant ⁻¹)	بدون قلم Total weight of corm without scale to total weight of scales	نسبت وزن کل بنه ها Total weight of corm without scale to total weight of scales	وزن بنه ها (گرم در یوته) Total fresh weight of corms (g.plant ⁻¹)	وزن خشک Total dry weight of corms (g.plant ⁻¹)
4-5	2.95 ^{a*}	47.33 ^a	1.29 ^b	2.80 ^b	89.72 ^c	7.83 ^c	12.71 ^a	97.56 ^c	30.70 ^b
6-8	3.05 ^a	35.72 ^b	1.43 ^b	2.95 ^b	131.40 ^b	12.99 ^b	11.08 ^{ab}	144.39 ^b	33.71 ^b
9-10	2.98 ^a	33.52 ^b	1.63 ^a	3.45 ^a	167.18 ^a	19.87 ^a	9.80 ^b	187.06 ^a	54.40 ^a
اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار)									
Humic acid (kg.ha ⁻¹)									
0	3.15 ^{ab}	40.21 ^b	1.47 ^b	2.54 ^b	139.32 ^a	18.53 ^a	9.61 ^a	157.86 ^a	39.11 ^b
20	2.73 ^b	48.66 ^a	1.35 ^b	2.97 ^b	137.06 ^a	13.01 ^b	10.86 ^a	150.08 ^a	40.75 ^b
40	3.12 ^{ab}	32.00 ^c	1.31 ^b	2.80 ^b	96.93 ^b	11.29 ^b	9.69 ^a	108.22 ^b	36.32 ^b
60	2.92 ^{ab}	32.94 ^c	1.32 ^b	2.74 ^b	140.84 ^a	12.92 ^b	12.04 ^a	153.77 ^a	24.04 ^c
80	2.56 ^b	40.83 ^b	1.45 ^b	3.04 ^b	121.90 ^a	14.25 ^b	12.32 ^a	136.16 ^a	52.12 ^a
100	3.48 ^a	38.50 ^b	1.79 ^a	4.30 ^a	140.54 ^a	11.39 ^b	12.68 ^a	151.94 ^a	45.28 ^{ab}

* در هر ستون و برای هر جزء میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن، تفاوت معنی داری ندارند.
* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test (p<0.05).

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح هیومیک اسید و وزن بنه بر برخی خصوصیات کمی زعفران

Table 5- Means comparison of interaction effects of humic acid and corm weight on some quantitative characteristics of saffron									
وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	هیومیک اسید (کیلوگرم) در هکتار Humic acid (kg.ha ⁻¹)	متوسط تعداد جوانه در بنه Average number of bud per corm	تعداد بنه جایگزینی در هر کلون Number of replacement corm per clone	متوسط قطر بنه (سانتی-متر) Average diameter of corm (cm)	متوسط وزن بنه (گرم) Average weight of corm (g)	وزن کل بنهها بدون فلس (گرم) Total weight of corm without scales (g.plant ⁻¹)	نسبت وزن کل بنهها بدون فلس به وزن کل بنهها Total weight of corm without scale to total weight of scales	وزن کل بنهها (گرم در بوته) Total fresh weight of corms (g.plant ⁻¹)	وزن خشک کل بنهها (گرم در بوته) Total dry weight of corms (g.plant ⁻¹)
4-5	0	3.39 ^{abc}	42.50 ^{b-c}	1.19 ^{cd}	2.27 ^{de}	119.48 ^{c-e}	12.695 ^{b-d}	129.08 ^{bc}	38.77 ^{cd-g}
	20	2.79 ^{bc}	63.00 ^a	1.16 ^d	2.57 ^{c-e}	106.56 ^{c-e}	11.93 ^{b-e}	115.57 ^{b-d}	25.39 ^{gh}
	40	3.97 ^a	46.00 ^{bc}	1.50 ^{b-d}	3.55 ^{bc}	86.62 ^c	9.30 ^{c-f}	96.43 ^{cd}	26.67 ^{gh}
	60	2.35 ^c	46.00 ^{bc}	1.31 ^{cd}	2.33 ^{de}	76.91 ^e	8.04 ^{d-f}	86.48 ^{cd}	13.85 ^h
	80	2.50 ^c	36.50 ^{cd}	1.30 ^{cd}	3.45 ^{bc}	73.62 ^c	19.94 ^a	77.42 ^d	29.83 ^{fh}
6-8	100	2.74 ^{bc}	50.00 ^b	1.30 ^{cd}	2.64 ^{b-e}	75.14 ^c	14.36 ^{bc}	80.37 ^d	49.74 ^{b-e}
	0	3.02 ^{bc}	42.50 ^{b-c}	1.79 ^b	2.05 ^e	112.63 ^{c-e}	10.79 ^{b-f}	123.80 ^{b-d}	39.36 ^{d-g}
	20	2.75 ^{bc}	47.50 ^b	1.11 ^d	2.93 ^{b-e}	118.28 ^{c-e}	14.87 ^{d-e}	133.16 ^{bc}	33.78 ^g
	40	2.69 ^{bc}	21.00 ^{gh}	1.22 ^{cd}	2.62 ^{b-e}	105.07 ^{c-e}	8.93 ^{c-g}	114.00 ^{b-d}	26.25 ^{gh}
	60	3.04 ^{bc}	35.33 ^{ef}	1.21 ^{cd}	2.23 ^{de}	197.64 ^a	19.75 ^c	217.40 ^a	27.95 ^{fh}
9-10	80	2.75 ^{bc}	48.00 ^b	1.40 ^{b-d}	2.80 ^{b-e}	110.97 ^{c-e}	10.63 ^{b-f}	121.59 ^{b-d}	45.66 ^{c-f}
	100	4.06 ^a	20.00 ^h	1.82 ^b	5.06 ^a	143.80 ^{b-d}	12.61 ^{de}	156.42 ^b	29.26 ^{fh}
	0	3.06 ^{bc}	35.65 ^{ef}	1.44 ^{b-d}	3.30 ^d	185.87 ^{ab}	5.35 ^f	220.69 ^a	39.20 ^g
	20	2.65 ^{bc}	35.50 ^{ef}	1.77 ^b	3.40 ^{bc}	186.36 ^{ab}	15.15 ^{d-e}	201.51 ^a	63.10 ^b
	40	2.72 ^{bc}	29.00 ^{fg}	1.21 ^{cd}	2.24 ^{de}	99.10 ^{de}	15.13 ^{c-e}	114.23 ^{b-d}	56.04 ^{b-d}
9-10	60	3.37 ^{a-c}	17.50 ^h	1.45 ^{b-d}	3.66 ^b	147.98 ^{bc}	9.45 ^{c-g}	157.43 ^b	30.35 ^{fh}
	80	2.45 ^c	37.99 ^{c-f}	1.64 ^{bc}	2.89 ^{b-e}	181.12 ^{ab}	28.35 ^b	209.47 ^a	80.85 ^a
	100	3.66 ^{ab}	45.50 ^d	2.24 ^a	5.21 ^a	202.69 ^a	16.34 ^{cd}	219.03 ^a	56.86 ^{bc}

* در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.
* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test (p≤0.05).

تاکنون در مطالعاتی اثرات کاربرد منابع غذایی بر وضعیت رشدی بنه‌های زعفران مورد تحقیق قرار گرفته است (Sabzevari et al., 2010; Aimo et al., 2010). به عنوان مثال در پژوهشی اثرات انواع کودهای آلی و شیمیایی بر رشد بنه‌های زعفران بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد بنه خواهری در بوته، با مصرف 40 تن در هکتار کود گوسفندی به دست آمد و پس از آن تیمار مصرف 20 تن در هکتار کود گاوی قرار داشت؛ ضمن این‌که با افزایش مقدار مصرف کود شیمیایی و گوسفندی، تعداد بنه خواهری به ازای هر بوته افزایش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2011c). در برخی تحقیقات نیز اثرات کاربرد کودهای بیولوژیک نیتروکسین، آزوسپریلوم + میکوریزا، باکتری‌های محرک رشد + میکوریزا و بیوهورمون حاوی هیومیک و مواد بیولوژیکی فعال بر وضعیت رشدی بنه‌های خواهری مثبت گزارش شده است (Nehvi et al., 2010; Aimo et al., 2010; Koocheki et al., 2011b). مجموع این مطالعات و پژوهش کنونی نشان می‌دهد که با طرح‌ریزی مدیریت تغذیه‌ای مناسب می‌توان منابع ذخیره‌ای بنه‌های خواهری را تقویت نمود که این مسئله در نهایت، با گل‌آوری بیشتر بنه‌ها همراه خواهد بود. گزارشات حاکی است که اسید هیومیک با افزایش میزان جذب عناصر ضروری، بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و نیز تولید ترکیبات هورمونی باعث باروری خاک و بهبود عملکرد در گیاهان زراعی می‌شود (Sabzevari et al., 2010). در پژوهش‌هایی کاربرد اسید هیومیک در گیاهانی مانند سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) (Mallikarjuna et al., 1987)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Sabzevari & Khazaei, 2009)، توت فرنگی (*Fragaria vesca* L.) و فلفل (*Capsicum frutescens* L.) (Arancon et al., 2006) و نیز گیاه غده‌ای تربچه (*Raphanus sativus* L.) (Farouk et al., 2011) مفید ارزیابی شده است. اثرات مثبت اسید هیومیک بر رشد گیاهان به عواملی مانند افزایش جذب آب و مواد غذایی، افزایش فراهمی عناصر، تقویت و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، افزایش محتوی کلروفیل و نیز تغییر فعالیت آنزیم‌ها در درون گیاه نسبت داده شده است (Mallikarjuna et al., 1987; Ohta et al., 2004; Sabzevari et al., 2010). نتایج مطالعات انجام شده در ارتباط با وزن بنه زعفران نیز حاکی است که استفاده از بنه‌های کمتر از هشت گرم چندان مناسب نبوده و کشت بنه‌های مادری درشت باعث تولید

بنه‌های دخترتری بیشتر و بهبود عملکرد محصول در سال‌های بعدی می‌گردد (Sadeghi, 1993). در پژوهش دیگری نیز گزارش شده است که قطر بنه مادری، عامل مثبت مهمی در تولید بنه‌های دخترتری و عملکرد زعفران است (Vurdu, 2004). نتایج تحقیق مشابهی حاکی است بنه‌های مادری درشت منجر به افزایش تعداد جوانه و نیز تعداد و وزن تر و خشک بنه‌های خواهری می‌گردد (Amirshekari et al., 2007). با توجه به این‌که در طی مرحله‌ای از دوره رشد زعفران، ریشه نقشی در جذب مواد ندارد؛ بنابراین، در این دوره، درشت‌تر شدن بنه‌های خواهری عمدتاً مربوط به انتقال مواد ذخیره‌ای بنه مادری به بنه‌های خواهری می‌باشد (Nassiri et al., 2008). همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از بنه‌های مادری بزرگ‌تر در توسعه بهتر سیستم ریشه‌ای و اندام‌های فتوسنتزکننده هوایی دارای نقش باشد؛ به طوری که در تحقیقی بیان شد که استفاده از بنه‌های درشت باعث افزایش تعداد و وزن ریشه در زعفران می‌گردد (Amirshekari et al., 2007). از این‌رو گسترش حوزه فعالیت ریشه در جذب مواد غذایی از خاک و توسعه رشد گیاه اثرگذار خواهد بود. از آن‌جا که در ابتدای پاییز و قبل از ظهور برگ‌ها، رشد و نمو گیاه وابسته به ذخایر موجود در بنه مادری می‌باشد؛ بنابراین بنه‌های بزرگ‌تر به دلیل داشتن اندوخته غذایی و تولید انرژی بیشتر، موجب رشد و نمو بهتر ریشه و اندام هوایی در گیاه زعفران می‌شود (Amirshekari et al., 2007). همچنین بیان شده است که در بنه‌های مادری درشت‌تر، تقسیم سلولی و متعاقب آن رشد برگ‌ها در مقایسه با بنه‌های ریز، زودتر انجام شده و گسترش زودتر اندام‌های فتوسنتزی سبب استفاده بیشتر گیاه از شرایط محیطی و افزایش میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده گردیده و در نتیجه، موجب ایجاد بنه‌های خواهری بزرگ‌تری در پایان فصل رشد می‌گردد (Molina et al., 2005). در نهایت، مجموع این عوامل باعث می‌شود تا استفاده از بنه‌های مادری درشت‌تر، سبب بهبود شرایط رشدی گیاه و تولید مواد فتوسنتزی کافی جهت تولید بنه‌های خواهری با تعداد و اندازه مناسب در گیاه زعفران شود.

وزن گل و کلاله در هکتار

اثر وزن بنه مادری بر صفات تعداد گل در واحد سطح و نیز وزن گل و کلاله زعفران در طی هر دو سال اجرای آزمایش معنی‌دار بود

صفت مذکور در طی هر دو سال آزمایش روندی صعودی داشت و بیشترین مقدار آن در شرایط استفاده از بنه‌های مادری درشت جهت کاشت به دست آمد (جدول 7). در مجموع با افزایش وزن بنه‌های مادری مورد استفاده در کشت زعفران، شاخص‌های کمی این گیاه به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت.

کاربرد اسید هیومیک بر تمامی صفات کمی زعفران اثر معنی‌داری داشت ($p \leq 0/01$) (جدول 6). تعداد گل در واحد سطح به خصوص در سال دوم اجرای آزمایش با کاربرد اسید هیومیک افزایش یافت. بیشترین مقدار این شاخص در هر دو سال با مصرف 100 کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک به دست آمد؛ به طوری که تعداد گل در واحد سطح در تیمار مذکور در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب به میزان 24 درصد و 50 درصد بیشتر از تیمار عدم مصرف اسید هیومیک بود (جدول 7).

(جدول 6) ($p \leq 0/01$). با افزایش وزن بنه مادری استفاده شده جهت کاشت، تعداد گل در واحد سطح به خصوص در سال ابتدای آزمایش، افزایش قابل ملاحظه‌ای داشت؛ به طوری که در این سال تعداد گل تولیدی توسط بنه‌های مادری متوسط و درشت به ترتیب 3/7 و 4/5 برابر تعداد گل تولید شده توسط بنه‌های مادری ریز بود. وزن تر گل در هکتار نیز در بنه‌های مادری درشت به مراتب بیشتر از بنه‌های ریز بود؛ به طوری که مقدار متوسط این شاخص در تیمار مذکور در طی دو سال آزمایش 133 درصد بیشتر از بنه‌های مادری ریز بود (جدول 7). بیشترین و کمترین وزن کلاله تر در هکتار نیز به ترتیب در بنه‌های مادری درشت و ریز مشاهده شد؛ به نحوی مقدار متوسط این شاخص در طی دو سال اجرای آزمایش به میزان 246 درصد بیشتر از بنه‌های مادری ریز بود. مشابه همین روند در مورد وزن کلاله خشک در هکتار نیز مشاهده شد و با افزایش وزن بنه‌های مادری کاشته شده، مقدار

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد گل و کلاله زعفران در شرایط کاربرد سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه
Table 6- Analysis of variance for flower and stigma yield of saffron in condition of humic acid and corm weight application

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل Number of flower	وزن تر گل Flower fresh weight	وزن تر کلاله Stigma fresh	وزن خشک کلاله Stigma dry weight
2009-2010					
تکرار Block	2	84.87 ^{ns}	141.20 ^{ns}	56.29 [*]	11.25 ^{ns}
وزن بنه Weight of corm	2	18484.62 ^{**}	93530.63 ^{**}	2144.36 ^{**}	130.83 ^{**}
سطوح اسید هیومیک Levels of humic acid	5	880.30 ^{**}	9298.34 ^{**}	202.55 ^{**}	27.81 ^{**}
وزن بنه × اسید هیومیک Corm weight × Humic acid	10	1517.77 ^{**}	8198.43 ^{**}	190.36 ^{**}	18.41 [*]
خطا Error	34	103.09	1259.32	16.57	7.39
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	19.15	31.54	25.09	69.37
2010-2011					
تکرار Block	2	302.85 ^{ns}	170.10 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.69 ^{ns}
وزن بنه Weight of corm	2	1922.21 ^{**}	16031.04 ^{**}	146.80 ^{**}	5.60 ^{**}
سطوح اسید هیومیک Levels of humic acid	5	1863.98 ^{**}	29874.07 ^{**}	169.30 ^{**}	7.41 ^{**}
وزن بنه × اسید هیومیک Corm weight × Humic acid	10	2946.04 ^{**}	14949.51 ^{**}	96.23 ^{**}	5.09 ^{**}
خطا Error	34	252.05	1433.33	9.18	0.87
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	17.99	15.63	17.75	26.15

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

*, **, and ns: Represent significant at 5 and 1 probability levels and non-signification, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر عملکرد گل و کلاله زعفران

Table 7- Means comparison of effects of humic acid and corm weight on flower and stigma yield of saffron

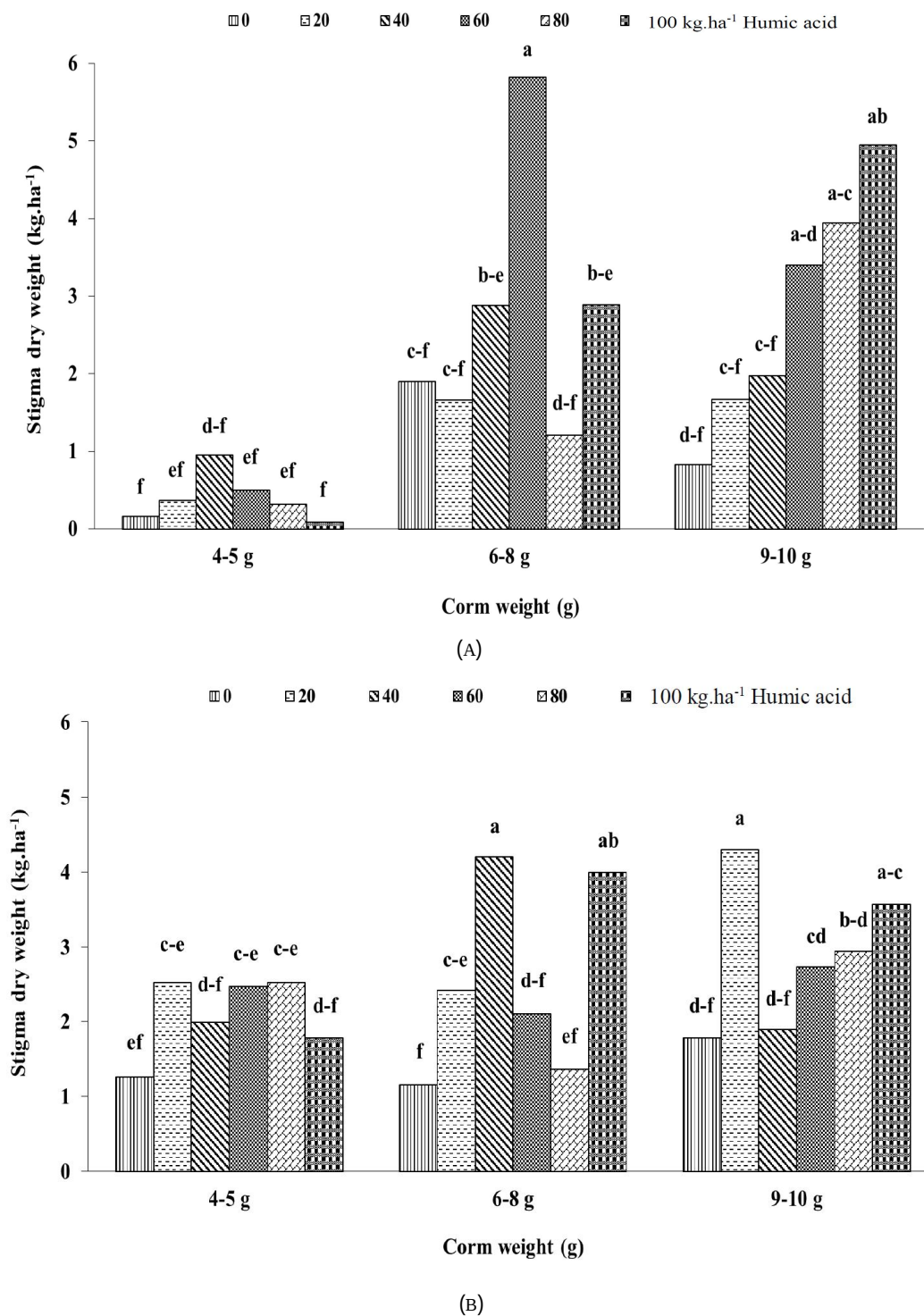
	2009-2010					2010-2011				
	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m ²	وزن تر گل (کیلوگرم) Flower fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله Stigma fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (kg.ha ⁻¹)	تعداد گل در متر مربع Number of flower per m ²	وزن تر گل (کیلوگرم) Flower fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله Stigma fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله Stigma fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله Stigma dry weight (kg.ha ⁻¹)
وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	8.54 ^a	15.09 ^b	2.25 ^c	0.40 ^b	53.43 ^b	163.83 ^b	11.71 ^b	2.08 ^b	11.71 ^b	2.08 ^b
	31.62 ^b	71.50 ^a	8.91 ^b	2.67 ^a	65.56 ^a	152.07 ^b	10.07 ^c	2.53 ^a	10.07 ^c	2.53 ^a
	39.33 ^a	82.16 ^a	13.12 ^a	2.79 ^a	66.32 ^a	192.67 ^a	14.04 ^a	2.87 ^a	14.04 ^a	2.87 ^a
اسید هیومیک (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha ⁻¹)	25.50 ^{bc}	45.93 ^a	4.41 ^d	0.86 ^c	48.65 ^c	102.62 ^d	6.96 ^c	1.40 ^d	6.96 ^c	1.40 ^d
	21.16 ^{cd}	38.24 ^b	6.37 ^c	1.23 ^{bc}	71.86 ^a	224 ^a	16.40 ^a	3.08 ^{ab}	16.40 ^a	3.08 ^{ab}
	20.25 ^d	33.30 ^b	8.50 ^b	1.93 ^{a-c}	55.18 ^{bc}	165.55 ^{bc}	11.81 ^b	2.69 ^{a-c}	11.81 ^b	2.69 ^{a-c}
	30.25 ^{ab}	64.95 ^a	10.27 ^{ab}	3.24 ^a	59.03 ^{bc}	190.05 ^b	12.11 ^b	2.42 ^{bc}	12.11 ^b	2.42 ^{bc}
	30.33 ^{ab}	70.41 ^a	8.42 ^b	1.83 ^{bc}	60.55 ^b	156.45 ^c	11.41 ^b	2.27 ^c	11.41 ^b	2.27 ^c
	31.50 ^a	64.65 ^a	10.67 ^a	2.64 ^{ab}	72.56 ^a	178.50 ^{bc}	12.98 ^b	3.11 ^a	12.98 ^b	3.11 ^a

* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test (p≤0.05).
در هر ستون و برای هر جزء، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح هیومیک اسید و وزن بنه بر وزن تر و خشک گل و کلاه زعفران

Table 8- Means comparison of interaction effects of humic acid and corm weight on flower and stigma fresh and dry weight of saffron							
وزن بنه (گرم) Corm weight (g)	هیومیک اسید (کیلوگرم در هکتار) Humic acid (kg.ha ⁻¹)	2009-2010			2010-2011		
		تعداد گل Number of flower	وزن تر کل (کیلوگرم در هکتار) Flower fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله Stigma fresh weight (kg.ha ⁻¹)	تعداد گل در متر Number of flower per m ²	وزن تر گل Flower fresh weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله Stigma fresh weight (kg.ha ⁻¹)
		per m ²					
4-5	0	6.00 ^{gh*}	11.05 ^{fg}	0.79 ^g	28.35 ^j	106.26 ^{fh}	6.19 ^{hi}
	20	13.50 ^{fg}	27.78 ^{e-g}	2.25 ^{e-g}	68.60 ^{e-e}	205.80 ^{bc}	15.19 ^{bc}
	40	6.75 ^{fh}	6.74 ^g	5.01 ^{d-f}	47.25 ^{fj}	141.75 ^{d-g}	10.39 ^{d-g}
	60	13.50 ^{fg}	21.99 ^{e-g}	3.58 ^{e-g}	77.70 ^{b-d}	233.10 ^b	17.01 ^b
	80	8.50 ^{fh}	17.82 ^{e-g}	1.64 ^{fg}	57.75 ^{d-h}	173.25 ^{bc}	12.60 ^{e-e}
	100	3.00 ^h	5.14 ^g	0.47 ^g	40.95 ^{h-j}	122.85 ^{e-h}	8.92 ^{e-i}
6-8	0	28.50 ^{de}	84.90 ^{bc}	8.40 ^{b-d}	77.70 ^{b-d}	81.90 ^b	5.98 ^{hi}
	20	34.50 ^{cd}	65.60 ^{cd}	8.38 ^{b-d}	55.65 ^{e-i}	166.95 ^{e-e}	12.18 ^{e-f}
	40	24.75 ^e	43.01 ^{d-f}	10.42 ^b	74.19 ^{b-e}	222.60 ^b	15.40 ^{bc}
	60	24.75 ^e	45.81 ^{de}	9.68 ^e	35.70 ^{ji}	144.90 ^{d-f}	5.25 ⁱ
	80	27.75 ^{de}	95.30 ^{bc}	6.16 ^{e-e}	56.70 ^{d-i}	94.50 ^{gh}	6.93 ^{g-i}
	100	49.50 ^{ab}	94.37 ^{bc}	10.45 ^b	93.45 ^{ab}	201.60 ^{bc}	14.70 ^{bc}
9-10	0	42.00 ^{bc}	101.85 ^{ab}	4.05 ^{e-g}	39.90 ^{h-j}	119.70 ^{e-h}	8.71 ^{fi}
	20	15.50 ^f	21.35 ^{e-g}	8.49 ^{b-d}	99.75 ^a	299.25 ^a	21.84 ^a
	40	29.25 ^{de}	50.15 ^{de}	10.08 ^{bc}	44.10 ^{gj}	132.30 ^{d-g}	9.66 ^{e-h}
	60	52.50 ^a	127.04 ^a	17.53 ^a	63.70 ^{c-g}	192.15 ^{bc}	14.07 ^{b-d}
	80	54.75 ^a	98.10 ^{ab}	17.45 ^a	67.20 ^{c-f}	201.60 ^{bc}	14.70 ^{bc}
	100	42 ^{bc}	94.46 ^{bc}	21.09 ^a	83.30 ^{ac}	211.05 ^{bc}	15.33 ^{bc}

* در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، تفاوت معنی‌داری ندارند.
* In each column and for each component, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل 1- اثرات متقابل سطوح مختلف هیومیک اسید و وزن بنه بر وزن خشک کلاله زعفران در دو سال زراعی 1388-89 (الف) و 1389-90 (ب)
 Fig. 1- Interaction effects of humic acid and corm weight on stigma dry weight of saffron two years 2009-2010 (a) and 2010-2011 (b)

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.
 Means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$).

در مورد عملکرد گل تر نیز روند مشابهی مشاهده شد، به طوری- که کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در سال دوم اجرای آزمایش وزن گل در هکتار را به طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با تیمار عدم مصرف اسید هیومیک افزایش داد. از نظر وزن کلاله تر در هکتار نیز اثرات مثبت اسید هیومیک، قابل ملاحظه بود؛ به گونه‌ای که، تمامی سطوح اسید هیومیک در طی هر دو سال اجرای آزمایش مقدار این شاخص را به طور قابل توجهی افزایش دادند. وزن کلاله خشک در هکتار نیز روند مشابهی داشت و کاربرد سطوح مختلف اسید هیومیک در طی سال‌های 1388 و 1389 به طور متوسط باعث افزایش مقدار این شاخص به میزان 154 درصد و 92 درصد در مقایسه با تیمار عدم مصرف اسید هیومیک شد (جدول 7). در مجموع کاربرد خاکی اسید هیومیک اثرات مثبت قابل توجهی بر وزن گل و کلاله زعفران اعمال نمود.

اثر متقابل وزن بنه مادری و کاربرد خاکی اسید هیومیک بر وزن گل و کلاله زعفران معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول 6). کاربرد اسید هیومیک در طی هر دو سال اجرای آزمایش در مورد تمامی بنه‌های مادری ریز، متوسط و درشت تقریباً باعث افزایش تعداد گل در واحد سطح گردید (جدول 8). وزن گل تر در هکتار به خصوص در دومین سال اجرای آزمایش در تمامی طیف وزنی بنه‌های مادری با کاربرد اسید هیومیک افزایش نشان داد. وزن تر و خشک کلاله در هکتار نیز در بنه‌های مادری ریز، متوسط و درشت با کاربرد اسید هیومیک افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت؛ هر چند که افزایش شاخص‌های مذکور با افزایش سطح مصرف اسید هیومیک روند مشخص و ثابتی را نشان نداد (جدول 8 و شکل 1). به طور کلی، کاربرد اسید هیومیک در تمامی تیمارهای وزنی بنه مادری، باعث بهبود وزن گل و کلاله زعفران گردید.

استفاده از بنه‌های درشت‌تر اثرات سودمندی بر روی گل‌آوری و تولید کلاله در زعفران دارد (Pandey et al., 1974; Kumar et al., 2009). کاشت بنه‌های دارای وزن کم، از تولید گل ممانعت کرده و استفاده از بنه‌های با قطر بالاتر از 2/5 سانتی‌متر باعث تولید عملکرد مناسبی در گیاه زعفران می‌شود (Kumar et al., 2009). در پژوهشی در کشور هند گزارش شد که کشت بنه‌های مادری با قطر 3/25 تا 3/75 سانتی‌متر باعث افزایش تعداد گل در بوته و طول کلاله گردید (Munshi et al., 2003). در مطالعه دیگری اثر بنه‌های

متوسط و ریز بر گل‌آوری زعفران مطالعه و گزارش شد که استفاده از بنه‌های درشت‌تر باعث افزایش تعداد گل و وزن کلاله در واحد سطح شد (Juana et al., 2009). ملافیلابی (Mollafilabi, 2004) نیز اظهار داشت که استفاده از بنه‌های با قطر بیش از سه سانتی‌متر و وزن بالای 10 گرم، بیشترین وزن گل و کلاله را در زعفران به همراه دارد. گزارش شده است که در صورتی که بنه مادری ریز باشد، تولید گل نکرده و فقط برگ تولید می‌نماید (Juana et al., 2009; Mohammad Aabadi et al., 2011). حداقل اندازه لازم برای گل‌آوری بنه زعفران داشتن قطر یک سانتی‌متر ذکر گردیده است (Juana et al., 2009). بر همین اساس برخی محققان اظهار داشته‌اند که استفاده از بنه‌های ریز جهت کاشت زعفران مناسب نمی‌باشد؛ زیرا میزان عملکرد زعفران در سال اول به شدت متأثر از اندازه و ذخایر بنه‌های مادری بوده که با رشد و نمو خود در سال اول، سبب به وجود آمدن بنه‌های دختری می‌شوند که به عنوان عامل تکثیر گیاه در سال دوم محسوب شده و بنه‌های تولید شده جدید نیز به صورت تسلسل عملکرد سال‌های بعدی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Amirshakeri et al., 2007; Mohammad Abadi et al., 2011). اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی طبیعی دارای بسیاری از عناصر غذایی مورد نیاز جهت رشد گیاه بوده و به عنوان یک تنظیم‌کننده رشد، فعالیت-های هورمونی را تنظیم و باعث افزایش رشد گیاه می‌گردد (Zhang, 1997). این ماده با اعمال اثرات مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود رشد گیاه می‌گردد؛ اثرات غیرمستقیم آن شامل تأثیر این ماده بر ساختارهای زیست‌شیمیایی خاک و اثرات مستقیم آن شامل افزایش سرعت تنفس، غلظت کلروفیل و پاسخ‌های هورمونی بوده و علاوه بر این دارای اثرات مثبت دیگری مانند افزایش نفوذپذیری غشای سلولی، تولید موادی مانند سوپراکسیداز دیسموتاز و آلفاتوکوفرول که نقش مهمی در تحمل به تنش‌ها دارند و نیز بهبود جذب مواد توسط ریشه بوده که مجموع این عوامل شرایط خاکی و فیزیولوژیکی مناسبی جهت افزایش رشد و تولید گیاه فراهم می‌نماید (Mallikarjuna et al., 1987; Zhang, 1997). در مطالعه مشابهی اثرات کاربرد اسید هیومیک بر رشد و عملکرد گیاهان فلفل، همیشه-بهار (*Calendula officinalis* L.) و توت فرنگی مثبت گزارش شد (Arancon et al., 2006). فرضیه‌های متعددی در مورد نحوه عمل اسید هیومیک ارایه شده است که شامل ایجاد کمپلکس بین اسید

مادری درشت، اثرات مثبت چشم‌گیری بر بهبود شاخص‌های رشدی بنه‌های خواهری و متعاقب آن افزایش عملکرد زعفران دارد. علاوه بر این، تغذیه گیاه زعفران توسط اسید هیومیک ضمن تقویت بنه‌های خواهری بر تولید گل و کلاله زعفران اثرات قابل ملاحظه‌ای بر جا گذاشت. به نظر می‌رسد که انجام مطالعات جامع‌تری در خصوص استفاده از این ماده و ترکیبات مشابه، بتواند در راستای بهبود تغذیه این گیاه جهت تولید محصول مبتنی بر اصول اکولوژیک، مؤثر باشد. همچنین ارتباط نزدیکی بین وضعیت رشدی بنه‌های خواهری و عملکرد زعفران مشاهده شد. در تیمارهایی که متوسط وزن و قطر تک بنه بیشتر بود، عملکرد گل و کلاله زعفران به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش پیدا کرد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار پژوهش شماره 214 ب مورخ 1388/6/8 معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌گردد.

هیومیک و یون‌های معدنی، اثرگذاری بر تولید برخی آنزیم‌ها در گیاه، تأثیر بر سرعت فتوسنتز و تنفس، تحریک متابولیسم اسید نوکلئیک و نیز دارا بودن فعالیت‌های هورمونی می‌باشد که در نهایت سبب توسعه ریشه و اندام هوایی شده و با بهبود جذب آب و عناصر و نیز افزایش مقاومت به شرایط تنش‌زای محیطی باعث بهبود شرایط رشد گیاه و در نهایت افزایش تولید و عملکرد گیاهان می‌شود (Zhang, 1997; Rengrudkij & Partida, 2003). علاوه بر این اسید هیومیک باعث افزایش سرعت رشد ریزجانداران مفید اطراف ریشه، افزایش بقای باکتری‌های محرک رشد گیاه و نیز افزایش فعالیت آنزیم‌های خاک مانند فسفاتاز و کاتالاز می‌شود (Sellaamuthu & Govindaswamy, 2003; Young et al., 2006). از این‌رو به نظر می‌رسد، اثر این ترکیب بر حلالیت عناصر در خاک و تقویت جامعه میکروبی خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم باعث بهبود شرایط رشد و عملکرد گیاهان از جمله زعفران می‌گردد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از بنه‌های

منابع

- 1- Aimo, S., Gosetti, F., D'Agostino, G., Gamalero, E., Gianotti, V., Bottaro, M., Gennaro, M.C., and Berta, G. 2010. Use of arbuscular mycorrhizal fungi and beneficial soil bacteria to improve yield and quality of Saffron (*Crocus sativus* L.). Acta Horticulture 850: 159-164.
- 2- Amirshakari, H., Sorooshzadeh, A., Modarress Sanavy, A., and Jalali Javaran, M. 2007. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellin on underground organs of saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Botany 19(1): 5-18. (In Persian with English Summary)
- 3- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Lee, S., and Byrne, R. 2006. Effects of humic acids from vermicomposts on plant growth. European Journal of Soil Biology 42: S65-S69.
- 4- Aytekin, A., and Acikgoz, A.O. 2008. Hormone and microorganism treatments in the cultivation of saffron (*Crocus sativus* L.) Plants. Molecules 13: 1135-1146.
- 5- Badiyala, D., and Saroch, K. 1997. Effect of seed corm size and planting geometry on saffron (*Crocus sativus* L.) under dry temperate conditions of Himachal Pradesh. Indian Perfumer 41: 167-169.
- 6- DeMastro, G., and Ruta, C. 1993. Relation between corm size and saffron (*Crocus sativus* L.) flowering. Acta Horticulturae 344: 512-517.
- 7- Juana, J.A.D., Córcolesb, H.L., Muñozb, R.M., and Picornella, M.R. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crops and Products 30(2): 212-219.
- 8- Ghasemi Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., and Afzalian, M. 2009. Planting, conservation and harvesting stages of saffron. Agriculture Organization of Yazd, Iran 132: 33-34. (In Persian with English Summary)
- 9- Kaushal, S.K., and Upadhyay, R.G. 2002. Studies on variation in corm size and its effect on cormel production and flowering in *Crocus sativus* L. under mid-hill conditions of Himachal Pradesh. Research on Crops 3: 126-128.
- 10- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., and Jahani Kondori, M. 2011a. The effect of high density and depth of planting on agronomic characteristic of saffron (*Crocus sativus* L.) and corms behavior. Agroecology 3(1): 36-49. (In Persian with English Summary)

- 11- Koocheki, A., Jahani, M., Tabrizi, L., and Mohammad Abadi, A.A. 2011b. 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(1): 196-206. (In Persian with English Summary)
- 12- Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, M., Singh, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. State of art of saffron (*Crocus sativus* L.) agronomy: A comprehensive review. Food Reviews International 25: 44-85.
- 13- Mallikarjuna, M., Govindasamy, R., and Chandrasekaran, S. 1987. Effect of humic acid on *Sorghum vulgare* var. CSH-9. Current Science 56: 1273.
- 14- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Agroecology 3(1): 84-93. (In Persian with English Summary)
- 15- Mollafilabi, A. 2004. Experimental findings of production and ecophysiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). In: Fernández, J., and Abdullaev, F., Editors, Proceeding of the 1st on saffron albacete, Spain. Acta Horticulturae 650: 195-200.
- 16- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia Luice, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulture 103: 361-379.
- 17- Munshi, A.M., Zaffar, G., and Zargar, G.H. 2003. Prospects of saffron cultivation in the cold arid zone of Kargil (Ladakh). Human Impact on Desert Environment 95: 434-436.
- 18- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2008. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of saffron plant (*Crocus sativus* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 5(1): 155-166. (In Persian with English Summary)
- 19- Nehvi, F.A., Khan, M.A., Lone, A.A., and Maqhdoomi, M.I. 2010. Impact of microbial inoculation on growth and yield of saffron in Kashmir. Acta Horticulture 850: 171-174.
- 20- Ohta, K., Morishita, S., Suda, K., Kobayashi, N., and Hosoki, T. 2004. Effects of chitosan soil mixture treatment in the seedling stage on the growth and flowering of several ornamental plants. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 73(1): 66-68.
- 21- Omidbaigi, R., Betti, G., Sadeghi, B., and Ramezani, A. 2002. Influence of the bulb weight on the productivity of saffron (*Crocus sativus* L.) results of a cultivation study in Khorasan (Iran). Journal of Medicinal and Spice plant 7: 38-40.
- 22- Omid, 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 Plants 8(2): 98-109. (In Persian with English Summary)
- 23- Pandey, D.P., andey, V.S., and Srivastava, A.P. 1974. A note on the effect of the size of corms on the sprouting and flowering of saffron. Progressive Horticulture 6: 89-92.
- 24- Rengrudkij, P., and Partida, G.J. 2003. The effects of humic acid and phosphoric acid on grafted hass avocado on Mexican seedling rootstocks. Proceedings V World Avocado Congress p. 395-400.
- 25- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2011a. Response of saffron to planting distances and irrigation times. Medicinal and Aromatic Plants in Generation of New Values in 21th Century. 9-12 November. Sarajevo. Bosnia and Herzegovina p. 137.
- 26- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Fallahi, J. 2011b. Effect of corm density and first irrigation time on growth of saffron corms. National Congress of Medicinal Plants. Jihad Daneshgahi Branch of Mazandaran, Iran. March p. 421. (In Persian)
- 27- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2011c. Effects of chemical and organic fertilizers on corm growth and yield of saffron (*Crocus sativus*). National Congress of Medicinal Plants. Jihad Daneshgahi Branch of Mazandaran, Iran. March p. 424. (In Persian with English summary)
- 28- Sabzevari, S., and Khazaie, H.R. 2009. The effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Agroecology 2(1): 53-63. (In Persian with English Summary)
- 29- Sabzevari, S., Khazaie, H.R., and Kafi, M. 2010. Study on the effects of humic acid on germination of four wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 8(3): 473-480. (In Persian with English Summary)
- 30- Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. I.R.O.S.T. Mashhad center: Mashhad, Iran.
- 31- Sellamuthu, K.M., and Govindaswamy, M. 2003. Effect of fertiliser and humic acid on rhizosphere

- microorganisms and soil enzymes at an early stage of sugarcane growth. Sugar Technology 5(4): 273-277.
- 32- Singh, C., Ram, G., and Kaul, B.L. 1994. Saffron studies in Kishtwar: Effect of corm size at planting on cormel production and flower yield in *Crocus sativus*. Indian Perfumer 38: 82-84.
- 33- Vurdu, H. 2004. Agronomical and biotechnological approaches for saffron improvement. Acta Horticulturae (ISHS) 650: 285-290.
- 34- Young, C.C., Rekha, P., Lai, W.A., and Arun, A. 2006. Encapsulation of plant growth-promoting bacteria in alginate beads enriched with humic acid. Biotechnology and Bioengineering 95: 76-83.
- 35- Zhang, X. 1997. Influence of plant growth regulators on turfgrass growth, antioxidant status, and drought tolerance. PhD dissertation. Virginia Polytechnic Institute p. 144.



Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (*Crocus sativus* L.)

A. Koocheki^{1*}, H.R. Fallahi², M.B. Amiri³ and H.R. Ehyaei⁴

Submitted: 06-02-2012

Accepted: 06-01-2013

Koocheki, A., Fallahi, H.R., Amiri, M.B., and Ehyaei, H.R. 2016. Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of Saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 7(4): 425-442.

Introduction

Saffron as a food, spicy and medicinal plant has more than 62000 ha under cultivation with about 250 tons annual dry stigma production in Iran, which includes about 90% of its world production. Therefore, this plant has a specific value in agricultural export products of Iran (Fallahi et al., 2014). Due to the important role of saffron in Iran's agroecosystems, the improvement of its agronomic practices is essential. Nutritional management and mother corms size are two of the main factors affecting growth and yield of saffron. Humic acid is an eco-friendly fertilizer that improves the physical, chemical and biological properties of soil. This nutritional source has hormonal compounds and exerts a positive effect on elements absorption, quality and yield of plants. In addition, in saffron cultivation, it is possible to produce considerable amounts of stigma by using of standard mother corms with a minimum weight of 8 g. Because, large corms have a positive effect on stigma yield especially in the first growth cycle and the weight of replacement corms and consequently saffron flowering in the other growth cycles (Nassiri Mahallati et al., 2008). Therefore, the aim of this research was to investigate the interaction effects of mother corm size and different rates of humic acid on growth and yield of saffron.

Materials and methods

This experiment was carried out as factorial based on randomized completely block design with three replications in research farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during two growing season (2009-2011). Experimental factors were consisted of mother corm weight (4-5, 6-8 and 9-10 g) and application of humic acid (0, 20, 40, 60, 80 and 100 kg.ha⁻¹). Mother corm planting was in early October, 2009 with 10×20 cm corms distances and planting depth of 10cm. Humic acid (dissolved in water) was used along with the first autumnal irrigation in two season growth. Flower and stigma yield of saffron were measured during autumn of 2009 and 2010. In addition, three corm clones were selected randomly in each plot and then all replacement corms were removed after leaf withering in May, 2011. Corm measured indices were included of number of replacement corms per clone, total corms weight per clone, scale weight per clone, mean replacement corms weight and number of buds per replacement corm. Finally, data analysis was done using SAS 9.1 and means were compared by duncan's multiple range test at 5% level of probability.

Results and discussion

Results showed that planting of larger mother corms improved the growth indices of replacement corms and saffron yield. The total weight of replacement corms per colon (91%), number of flowers per square (84%), flower yield (66%) and stigma dry yield (154%) were higher for the larger mother corm (9-10 g) than small mother corm (4-5 g). This result is similar to findings of Nassiri Mahallati et al. (2008) which concluded that planting of more than 9 g mother corms improved the growth and yield of saffron. Selection of appropriate corms is the main factor in saffron cultivation, because the flowering capacity of the plant depends heavily on

1, 2, 3 and 4- Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Assistant Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Gonabad and Faculty Member of Research Center of Medicinal Plants, Shahed University, Tehran, Iran, respectively.

(*-Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

the weight of planted corms. Planting of small corms is not affordable because they usually do not produce flower in the first growth season (Kumar et al., 2009; Mohammad-Abadi et al., 2011). Moreover, application of different levels of humic acid had a positive effect on the growth and yield indices in saffron. In the highest level of humic acid application (100 kg.ha^{-1}), the amounts of mean number of bud per corm (10%), mean diameter of corm (19%), mean weight of corm (70%), number of flowers per square (38%), flower yield (39%) and stigma dry yield (183%) were higher than control. The positive effects of humic acid on the growth of plants is related to many factors such as increased water and nutrient absorption, increasing the availability of elements, development of plant root system, higher chlorophyll content and change in enzymes activity in the plant (Sabzevari et al., 2010).

Conclusion

Generally, the findings of current study revealed that the use of large mother corms (more than 9 g) in combination with humic acid application had positive effects on replacement corms growth and stigma yield of saffron.

Acknowledgments

We wish to thank Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran for the financial support of the project (grant number 214b, August 30, 2009).

Keywords: Corm diameter, Flower yield, Nutritional management, Stigma yield

References

- Fallahi, H.R., Paravar, A., Behdani, M.A., Aghhavani-Shajari, M., and Fallahi, M.J. 2014. Effects of saffron corm and leaf extracts on early growth of some plants to investigate the possibility of using them as associated crop. *Notulae Scientia Biologicae* 6(3): 282-287.
- Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani-Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron (*Crocus sativus* L.). *Agroecology* 3(1): 84-93. (In Persian with English Summary)
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Boroumand Rezazadeh, Z., and Tabrizi, L. 2008. Effects of corm size and storage period on allocation of assimilate in different parts of Saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Journal of Iranian Field Crop Research* 5(1): 155-166. (In Persian with English Summary)

تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (مطالعه موردی: دشت بیرجند)

میترا رحمانی¹، مجید جامی الاحمدی^{2*}، علی شهیدی³ و مصطفی هادی زاده ازغندی⁴

تاریخ دریافت: 1392/07/14

تاریخ پذیرش: 1394/04/08

رحمانی، م.، جامی الاحمدی، م.، شهیدی، ع.، و هادی زاده ازغندی، م. 1394. تأثیر تغییر اقلیم بر طول مراحل رشد و نیاز آبی گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (مطالعه موردی: دشت بیرجند). نشریه بوم شناسی کشاورزی، 7(4): 443-460.

چکیده

تغییرات آب و هوایی ناشی از تغییر اقلیم، در کنار سایر اثرات خود، بر بارندگی و چرخه های هیدرولوژیکی اثر خواهد گذاشت و این تأثیرات بر تولیدات کشاورزی که مستقیماً وابسته به محیط فیزیکی هستند بیشتر خواهد بود. کشاورزی به عنوان یک مصرف کننده عمده آب نیاز خواهد داشت تا به منظور حصول پایداری، در کنار سایر چالش ها، نسبت به این تغییرات تطابق پیدا کند و پیش آگاهی در خصوص تغییرات آبی اقلیمی و تأثیر آن بر مصرف آب کشاورزی می تواند در این زمینه راه گشا باشد. در تحقیق حاضر اثر تغییر اقلیم بر نیاز آبی گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) و عملکرد گندم در دوره زمانی 2010-2039 میلادی در منطقه بیرجند مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای اقلیمی دما و بارندگی در دوره زمانی 2010-2039 با استفاده از مدل LARS-WG شبیه سازی شدند. تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی به روش پنمن مانیت و بارندگی مؤثر به روش USDA محاسبه شد و نیاز آبی محصول توسط نرم افزار کراپ وات برآورد گردید. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم با استفاده از مدل DSSAT مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در آینده درجه حرارت های کمینه و بیشینه در تمامی ماه های سال افزایش می یابند و متوسط بارش سالیانه نیز اندکی بیشتر خواهد بود. با وجود بیشتر شدن تبخیر و تعرق گیاه مرجع، به دلیل کاشت زودتر گندم و جو و کوتاه شدن طول دوره رشد آنها، نیاز آبی محصولات در آینده بین 19/5 درصد (گندم) تا 22/5 درصد (جو) کمتر خواهد شد. از سوی دیگر، عملکرد گندم نیز به علت کوتاه تر شدن طول دوره رشد محصول تحت تأثیر تغییر اقلیم حدود 30 درصد کاهش خواهد یافت.

واژه های کلیدی: تبخیر و تعرق، ضریب گیاهی، مدل گردش عمومی جو، مدل LARS-WG

مقدمه

کشاورزان نیز افزایش یابد (Mohajerani et al., 2011). با توجه به اقلیم خشک و نیمه خشک ایران، آب به عنوان یکی از مهمترین منابع، به عنوان یک عامل اصلی محدود کننده تولید، نقش مهمی را در تعیین نوع فعالیت های زراعی ایفاء می کند. از این رو، ارزیابی آب مورد نیاز سیستم های کشاورزی همواره از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است (Osamu et al., 2005).

تبخیر و تعرق بعد از بارندگی اصلی ترین جزء چرخه هیدرولوژیکی است، که تعیین کننده نیاز آبی گیاه می باشد. چندین پارامتر اقلیمی نظیر دما، باد، بارش و ساعات آفتابی از جمله عوامل اصلی مؤثر بر نیاز آبی

بخش کشاورزی در اقتصاد ملی و تأمین غذای جامعه نقش حیاتی دارد و در جهت دستیابی به پایداری در این بخش، ضروری است از منابع و ابزارهای تولید در این بخش به بهترین شکل ممکن استفاده گردد تا ضمن کاهش در مصرف این منابع، سودآوری و رفاه

1، 2 و 3 - به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، استادیار گروه مهندسی آب و دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

(*) - نویسنده مسئول: (Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)

گیاهان یا تبخیر و تعرق می‌باشند. بدیهی است هر گونه تغییر در این پارامترهای اقلیمی در اثر تغییرات اقلیمی، بر تبخیر و تعرق گیاه نیز تأثیرگذار خواهد بود. نیاز آبی گیاه و تبخیر و تعرق آن عامل اصلی مصرف آب در بخش کشاورزی است (Alizadeh et al., 2010b). انتظار می‌رود که با افزایش درجه حرارت میزان تبخیر و تعرق پتانسیل نیز افزایش یابد. افزایش غلظت گاز کربنیک در آینده منجر به افزایش دمای جو می‌شود که مهم‌ترین اثر آن در کشاورزی افزایش تبخیر و تعرق و تغییر طول دوره رشد گیاهان است که با هم نیاز آبی گیاه را تعیین می‌کنند. بنابراین نیاز آبی گیاهان به طور مستقیم تحت تأثیر پارامترهای اقلیمی و تغییرات آن خواهد بود (Koocheki et al., 2003).

بیشترین اطلاعات ما از تغییرات اقلیمی آینده مربوط به مطالعاتی است که با استفاده از مدل‌های اقلیمی صورت گرفته است. مدل‌های اقلیمی بیان ریاضی پیچیده بسیاری از فرآیندهای شناخته شده اقلیمی هستند و توزیع متغیرهای جهانی مانند دما، باد، ابر و باران را شبیه سازی می‌کنند (IPCC, 1995). از مدل‌های مختلفی برای پیش‌بینی تغییرات آینده اقلیمی در جهان استفاده شده است و اکثر آن‌ها بر افزایش دما به عنوان پی‌آمد اصلی تغییر اقلیم در آینده تأکید دارند. بدیهی است این افزایش متوسط دمای محیط تأثیرات زیادی بر نیاز آبی گیاهان خواهد گذاشت. نتایج حاصل از یک بررسی در خصوص مصرف آب کشاورزی در دشت مشهد حاکی از این است که با شرایط گرم شدن هوا و تغییر اقلیم ناشی از صنعتی شدن و گازهای گلخانه‌ای، با فرض خوشبینانه بودن منابع آب، مصرف آب کشاورزی، به عنوان عمده‌ترین بخش مصرف‌کننده آب، به شدت افزایش خواهد داشت و برای مقابله با آن بایستی راهکارهای مدیریتی اتخاذ کرد (Alizadeh et al., 2010a). هارمسن و همکاران (Harmsen et al., 2009) در پژوهشی، با استفاده از روش ریز مقیاس نمایی آماری¹

و تحت سه سناریوی اقلیمی به بررسی بارش، تبخیر- تعرق مرجع، کمبود بارش و کاهش نسبی عملکرد محصول پرداختند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که در اثر تغییر اقلیم، فصل بارش مرطوب‌تر و فصل خشکی خشک‌تر خواهد شد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که میزان تبخیر و تعرق در ماه‌های خشک با کاهش بارندگی و افزایش دما بیشتر خواهد شد. تغییر در مقدار نیاز آبی گیاهان از مواردی است

که ارتباط مستقیمی بر مدیریت منابع آب خواهد گذاشت. در حالی که کمترین تغییر در میزان بارش و درجه حرارت صدمات شدیدی به بخش‌های کشاورزی وارد می‌سازد، انتظار می‌رود شرایط خشکی حاکم در نواحی خشک جهان در آینده با افزایش پتانسیل تبخیر و تعرق و افزایش بیابان‌زایی ناشی از گرمایش جهانی تشدید شود. در کشور ما نیز خشکسالی در سال‌های اخیر خسارات زیادی به بار آورده است و مدیریت کاهش تأثیرات منفی آن نیازمند دانش کافی در خصوص عوامل ایجادکننده و نحوه اثرگذاری آن و نیز پیش‌آگاهی در خصوص تغییرات حاصل از آن در بخش کشاورزی است (Kardavani, 2007).

تردیدی نیست که در شرایط تغییر اقلیم، شاخص‌های اقلیمی کشاورزی نیز دستخوش تغییر می‌شوند و می‌توان با ارزیابی این شاخص‌ها، واکنش گیاهان زراعی به شرایط اقلیمی آینده را بررسی نمود. یک شاخص حساس و قابل پایش از پاسخ گیاه به تغییر اقلیم، تغییرات در نمو و طول مراحل فنولوژی گیاهی است (Frish et al., 2002). متأسفانه داده‌های بسیار کمی از اندازه‌گیری‌های فنولوژی گیاهی برای بررسی ارتباط بین گرمایش جهانی دهه‌های اخیر و تغییر در فنولوژی گیاهان وجود دارد؛ با این وجود بدیهی است افزایش درجه حرارت الگوهای گلدهی گیاهان را به شدت تحت تأثیر قرار دهد (Bradley et al., 1999). اثر بالا رفتن درجه حرارت بر الگوی گل‌دهی در مورد بسیاری از گونه‌های گیاهی مورد مطالعه قرار گرفته و به تأیید رسیده است (Fulu et al., 2006). نتایج مطالعه‌ای بر روی 385 گونه گیاهی در بریتانیا نشان داد که از دهه 1980 تغییر قابل ملاحظه‌ای در تاریخ اولین گل‌دهی رخ داده است، به طوری که این تاریخ به طور متوسط 4/5 روز، و در 15 درصد از گونه‌های مورد بررسی حدود 15 روز زودتر اتفاق افتاده است (Fitter & Fitter, 2002).

در مطالعه تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم آبی کشور با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی رشد و بر اساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نشان داده شد که تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، بدون در نظر گرفتن گرمایش جهانی، بر عملکرد گندم مثبت است در حالی که با افزایش میانگین دمای روزانه به میزان سه درجه سانتی‌گراد یا بیشتر، عملکرد گندم حتی در صورت افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، کاهش خواهد یافت (Koocheki et al., 2003). در مطالعه دیگری در خصوص اثر تغییر اقلیم بر گندم و برنج (*Oryza sativa* L.) نشان

منطقه در حد فاصل $31^{\circ}10'$ تا $33^{\circ}15'$ عرض شمالی و $57^{\circ}45'$ تا $60^{\circ}50'$ طول شرقی قرار گرفته است. اقلیم منطقه از نوع خشک و نیمه خشک می باشد. متوسط بارندگی این منطقه کمتر از 200 میلی متر بوده و میانگین سالیانه دمای آن 16 درجه سانتی گراد است (South Khorasan Government, 2007).

جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مصرف آب گیاهان گندم و جو در آینده، ابتدا لازم بود که پارامترهای اقلیمی این دوره شبیه سازی شوند. معتبرترین ابزار برای تولید داده های هواشناسی سال های آینده، استفاده از مدل های گردش عمومی جوی - اقیانوسی می باشد (IPCC, 2007). این مدل ها قادرند پارامترهای جوی و اقیانوسی را برای یک دوره بلندمدت با استفاده از سناریوهای تأیید شده هیئت بین الدول تغییر اقلیم³ (IPCC)، مدل سازی نمایند. با تدوین سناریوهای انتشار

گازهای گلخانه ای توسط هیئت بین الدول تغییر اقلیم، مدل های گردش عمومی جو با فرضیات مختلف انتشار مانند A_1 ، A_2 ، B_1 ، B_2 و غیره توسعه یافته اند تا وضعیت اقلیمی دهه های آتی را مشخص کنند. در مطالعات ارزیابی تأثیر اقلیم در سطوح منطقه ای، یکی از مشکلات اصلی در استفاده از مدل های موجود، وسعت محدوده پیش بینی متغیرها در این مدل هاست که با توجه به تغییرات توپوگرافی و اقلیم در این محدوده، نمی توان از نتایج حاصله مستقیماً در مقیاس ایستگاهی استفاده نمود. به عبارتی، مدل شرایط توپوگرافی و پوشش سطحی و شرایط اقلیمی یکسانی را برای یک شبکه با ابعاد چند صد کیلومتری در نظر می گیرد، در حالی که ممکن است شرایط واقعی سطح زمین در محدوده مورد بحث کاملاً متفاوت باشد. برای رفع این مشکل، روش های مختلفی جهت تولید سناریوهای اقلیمی در مقیاس منطقه ای ایجاد شده اند که به آن ها ریزمقیاس کردن گفته می شود. در این تحقیق از مدل ECHO-G، به عنوان مدل گردش عمومی جوی - اقیانوسی، و مدل LARS-WG، با استفاده از سناریوی A_1 تأیید شده IPCC، که معرف تغییر اقلیم تحت انتشار تدریجی دی اکسید کربن است (Abbasi et al., 2010)، جهت ریزمقیاس نمایی داده های خروجی این مدل گردش عمومی و تولید مقادیر روزانه پارامترهای هواشناسی ایستگاه های تحت مطالعه، استفاده شد. سناریوی A_1 به رشد سریع اقتصادی و افزایش جمعیت و بیشینه استفاده از گازهای گلخانه ای تأکید دارد و مفروضات آن، توصیفی از جهانی با رشد سریع اقتصادی و جمعیتی است؛ به طوری که بیشینه رشد جمعیت در نیمه

داده شد که کاهش عملکرد این دو محصول در صورت افزایش درجه حرارت آن چنان زیاد است که همه اثرات مثبت افزایش دی اکسید کربن را جبران خواهد کرد (Lal et al., 1998). در ارزیابی اثر روند تغییرات دما بر عملکرد گندم در مناطق کوهستانی سوات و چیترا در کشور پاکستان (Hussain & Mudasser, 2007)، نشان داده شد که افزایش دما، باعث افزایش شاخص درجه روز - رشد (GDD^1) و کاهش طول فصل رشد (GSL^2) می شود. در این تحقیق برآورد شد که افزایش $1/5$ تا سه درجه سانتی گراد دما، کاهش 7-24 درصدی عملکرد گندم در منطقه سوات و کاهش 14 تا 23 درصدی آن را در منطقه چیترا در پی خواهد داشت، در حالی که افزایش پنج تا 15 درصدی میزان بارندگی در طول دوره رشد، اثر ناچیزی بر عملکرد گندم خواهد گذاشت.

در مجموع بررسی ها نشان می دهد که افزایش غلظت دی اکسید کربن، تغییرات دما و الگوهای بارش در نتیجه تغییر اقلیم، اثرات مهمی بر بخش کشاورزی خواهند داشت. از این رو انجام تحقیقات گسترده در مناطق مختلف در جهت پیش سازگاری با شرایط اقلیمی آینده ضروری به نظر می رسد. در سال های اخیر نیز خشکسالی در کشور خسارات زیادی به بار آورده است. منابع آب سطحی و زیرزمینی جنوب خراسان طی چند سال اخیر دچار کاهش شدیدی شده و با افزایش شوری و املاح، کیفیت آب کاهش یافته است (Banivahab & Alijani, 2005).

بنابراین با توجه به اهمیت و جایگاه گندم و جو در نظام زراعی منطقه بیرجند، این تحقیق با هدف ارزیابی شرایط اقلیمی دشت بیرجند در دو دهه آتی و بررسی تغییرات مصرف آب گندم و جو به عنوان مهمترین گیاهان زراعی این منطقه در واکنش به شرایط اقلیمی، صورت گرفت.

مواد و روش ها

شهرستان بیرجند با وسعت 31704 کیلومتر مربع در شرق ایران قرار داشته و 25 درصد از مساحت استان خراسان جنوبی را به خود اختصاص داده است. این شهرستان از شمال به شهرستان قاین، از جنوب به شهرستان نهبندان و کرمان و از غرب به شهرستان های فردوس و طبس و از شرق به کشور افغانستان محدود می شود. این

- 1- Growth degree days
- 2- Growing season length

قرن رخ داده و پس از آن روند افزایش جمعیت، کاهشی خواهد بود. بنابراین افزایش جمعیت و رشد اقتصادی سبب تغییر میزان مصرف انرژی در بخش‌های مختلف خواهد شد، که نهایتاً بر میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تأثیر خواهد داشت (Farajzadeh & Feyzi, 2012).

تولید داده توسط مدل LARS-WG طی سه مرحله کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده‌ها و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی صورت می‌گیرد (Semenov & Barrow, 2002). بر این اساس برای اجرای این مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظر گرفتن دوره سی ساله 1976-2006 به عنوان دوره پایه، داده‌های مورد نیاز مدل شامل مقادیر روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و ساعت آفتابی از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک بیرجند تهیه گردید، سپس میانگین سی ساله داده‌های هواشناسی محاسبه گردید (جدول 4). پس از پردازش و مرتب‌سازی داده‌ها و تهیه فایل‌های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شد. پس از اطمینان از توانایی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی مدل از طریق مقایسه داده‌های تولید شده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده شده) موجود در دوره پایه (جدول‌های 1 و 2)، این مدل جهت ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G و تولید داده مصنوعی برای دو دهه آتی با استفاده از سناریوی A₁ تأیید شده IPCC، که معرف تغییر اقلیم تحت انتشار تدریجی دی‌اکسید کربن است (Abbasi et al., 2010)، اجرا شد و مقادیر روزانه داده‌های اقلیمی بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی 30 سال آینده تولید گردید.

علاوه بر این پارامترها، جهت تعیین ET₀ در دوره آینده به داده‌های سرعت باد و رطوبت نسبی نیز نیاز است که به دلیل محدودیت داده‌های خروجی مدل اقلیمی لارس، امکان ارزیابی این پارامترها وجود ندارد. با توجه به این که سرعت باد و میزان رطوبت نسبی در ارتباط خوبی با درجه حرارت هستند، با استفاده از روابط زیر میزان این پارامترها برای دوره‌های آینده (سی سال آینده)، محاسبه شد. قبلاً اعتبارسنجی این رابطه با استفاده از مدل‌های آماری توسط محققان انجام شده است (Alizadeh, 2011).

$$\text{Wind} = 9.495 + (0.633 \times T_{\min}) - (0.386 \times T_{\max}) \quad (1) \text{ معادله}$$

$$\text{Humidity} = 93.453 + (1.658 \times T_{\min}) - (2.926 \times T_{\max}) \quad (2) \text{ معادله}$$

در معادلات فوق، Wind: سرعت باد و Humidity: رطوبت نسبی است. در ایستگاه هواشناسی بیرجند، باد را بر حسب نات و در

ارتفاع 10 متری ثبت می‌شود، اما در مدل کراپ وات، باد بر حسب کیلومتر در روز و در ارتفاع دو متری مورد نظر است. بنابراین، با استفاده از معادله (3) داده‌های سرعت باد به فرمت داده‌های مدل کراپ‌وات تبدیل شد (Alizadeh, 2011).

$$U_2 = \frac{4.868}{\ln(67.75Z^{5.42})} \times U_z \quad (3) \text{ معادله}$$

که در این معادله، U_2 و U_z : به ترتیب سرعت باد در ارتفاع دو و 10 متری می‌باشد و Z نشانگر ارتفاع محل اندازه‌گیری باد است.

تاریخ کاشت و برداشت محصول از کشاورزان محلی و سازمان جهاد کشاورزی بیرجند اخذ گردید. بر اساس نوع اقلیم منطقه که از نوع خشک و نیمه‌خشک است، برای هر یک از مراحل چهارگانه رشد (ابتدایی، رشد و توسعه گیاه، میانی و نهایی) طول دوره رشد محصول در دوره فعلی از نشریه 56 آبیاری و زهکشی فائو استخراج شد (Allen et al., 1998). تاریخ کاشت هر دو محصول در دوره آینده بر اساس تطابق درجه حرارت متوسط روزانه در تاریخ کاشت فعلی با زمان وقوع آن در آینده برآورد گردید. سپس مجموع درجه حرارت تجمع‌ی از شروع کاشت محصول در دوره پایه برای هر یک از مراحل چهارگانه رشد تا زمان برداشت تعیین و با مجموع حرارت تجمع‌ی محصول در دوره آینده مقایسه شد و با توجه به تاریخ کاشت محصول در دوره آینده، طول هر یک از مراحل رشد برآورد شد. حداقل درجه حرارت مناسب جوانه‌زنی گندم، چهار و درجه حرارت بهینه جوانه‌زنی آن، 15 تا 20 درجه سانتی‌گراد است (Emam, 2007). بر این اساس، تاریخ کاشت فعلی در منطقه بیرجند طبق آمار ایستگاه هواشناسی بیرجند و با در نظر گرفتن اطلاعات به دست آمده از سازمان جهاد کشاورزی و کشاورزان خبره، برای گندم 21 اکتبر (اواخر مهر ماه) در نظر گرفته شد که در این زمان درجه حرارت متوسط هوا برابر 15/56 درجه سانتی‌گراد است. با توجه به حساس‌تر بودن گیاهچه‌های جو نسبت به سرمای اول فصل کاشت جو در پاییز یک یا دو هفته زودتر از گندم صورت می‌گیرد (Emam, 2007): بر این اساس کاشت جو دو هفته زودتر یعنی نیمه مهرماه (شش اکتبر) تعیین شد. پس از تعیین مراحل رشد محصولات، ضریب گیاهی (KC) هر مرحله رشدی بر اساس نوع اقلیم منطقه تعیین (Allen et al., 1998) و سپس KC ماهانه برای هر دو دوره از طریق درون‌یابی خطی توسط مدل کراپ-وات برآورد گردید (Alizadeh, 2011; Allen et al., 1998). KC مربوط به مرحله ابتدایی رشد (KC_{ini})، دوره میانی رشد (KC_{mid}) و نقطه آخر مرحله چهارم (KC_{end}) از جدول‌های ارائه شده توسط FAO

منطقه (اطلاعات کلی در مورد منطقه مورد مطالعه نظیر نام و موقعیت جغرافیایی، نوع خاک از نظر شیب - شرایط زهکشی - پتانسیل رواناب)، و داده‌های گیاهی ورودی (شامل اطلاعات منطقه طرح، رقم زیر کشت، تاریخ کاشت و تاریخ برداشت محصول، نوع و مقدار کود مصرفی برای هر محصول، دور آبیاری و میزان آب آبیاری) از منابع مختلف، سازمان تحقیقات کشاورزی و سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی اخذ گردید. در نهایت، نرم‌افزار با اطلاعات ورودی اجرا و تحلیل لازم بر روی عملکرد که خروجی مدل است انجام شد. مقایسه داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده مدل LARS-WG با مقادیر واقعی ایستگاه بیرجند برای بازه زمانی 1987-2006 میلادی با آزمون T مورد مقایسه قرار گرفتند. در آزمون مربوطه، فرض صفر حاکی از این بود که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مشاهداتی و مدل‌سازی شده بارش، دمای کمینه و بیشینه با مقادیر واقعی در سطح پنج درصد وجود دارد و فرض یک مبتنی بر عدم وجود تفاوت معنی‌دار در همان سطح بود.

نتایج و بحث

تعیین اعتبار مدل اقلیمی

ارزیابی مدل LARS-WG از طریق مقایسه داده‌های دوره آماری و داده‌های تولید شده توسط مدل با استفاده از آزمون‌های آماری و نمودارهای مقایسه‌ای انجام شد. برای این کار، یک سناریوی حالت پایه برای دوره آماری سال‌های 1987-2006 میلادی تهیه و مدل برای دوره پایه مذکور اجرا گردید. برای ارزیابی خروجی‌های مدل LARS-WG داده‌های دیدبانی و مدل شده برای چهار پارامتر دمای کمینه، بیشینه، بارش و تابش (ساعات آفتابی) و همچنین خصوصیات آماری آن‌ها شامل میانگین ماهانه انحراف معیار تهیه شدند و توانمندی مدل برای ایجاد اقلیم گذشته ایستگاه سینوپتیک بیرجند مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول‌های 1 و 2). نتایج به دست آمده از آزمون دو نمونه‌ای زوجی T استیوننت جهت مقایسه مقادیر مدل‌سازی شده بارش، دمای کمینه و بیشینه با مقادیر واقعی آن‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری بین مقادیر مدل‌سازی و واقعی در سطح معناداری پنج درصد وجود ندارد در مورد تابش این اختلاف با $\alpha=0/005$ معنی‌دار نمی‌باشد.

استخراج شد. مقادیر KC_{mid} و KC_{end} به دست آمده از جدول بایستی با توجه به اطلاعات اقلیمی منطقه و با استفاده از معادله‌های 4 و 5 تصحیح شوند (Allen et al., 1998).

$$KC_{mid} = KC_{mid-table} + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)][h/3]^{0.3} \quad (4) \text{ معادله}$$

$$KC_{end} = KC_{end-table} + [0.04(U_2 - 2) - 0.004(RH_{min} - 45)][h/3]^{0.3} \quad (5) \text{ معادله}$$

که در این معادله‌ها، $KC_{mid-table}$: مقدار ضریب گیاهی به دست آمده از جدول برای مرحله میانی رشد، $KC_{end-table}$: مقدار ضریب گیاهی به دست آمده از جدول برای نقطه آخر مرحله انتهایی رشد، h : حداکثر ارتفاع گیاه (متر)، U_2 : سرعت باد در ارتفاع دو متری (متر در ثانیه) و RH_{min} : رطوبت نسبی حداقل (درصد) می‌باشند. میزان U_2 قبلاً محاسبه شد. با توجه به اطلاعات اخذ شده، برای محصول گندم و جو حداکثر ارتفاع محصول یک متر لحاظ شد. میزان حداقل رطوبت نسبی با توجه به دوره رشد محصول از سازمان هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بیرجند اخذ گردید.

پس از تصحیح مقادیر KC (جدول 6) و پردازش و مرتب‌سازی داده‌ها و تهیه فایل‌های ورودی، جهت ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم 30 سال آینده بر مصرف آب، با استفاده از نرم‌افزار Cropwat، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل و واقعی به روش پنمن مانیت (Allen et al., 1998) و بارندگی مؤثر به روش USDA در شرایط استاندارد برای هر دو دوره فعلی و آتی محاسبه شده و نیاز آبی این دو گیاه در دوره رشد، بر اساس روش ارائه شده در نشریه شماره 56 آبیاری و زهکشی فائو (Allen et al., 1998; Kamali, 1989) تعیین شد. عملکرد محصول گندم در دوره آینده با استفاده از سیستم مدل گیاهی $DSSAT^1$ با استفاده از مدل CERES-Wheat و بر مبنای داده‌های خروجی نرم‌افزار لارس (داده‌های روزانه آب و هوا شامل دمای حداکثر و حداقل هوا، ساعات آفتابی تشعشع خورشیدی، سرعت باد و نزولات) برآورد گردید. ضرایب ژنتیکی از مطالعه منصوری (Mansouri, 2012) در بیرجند اخذ شد. سیستم مدل گیاهی $DSSAT$ با مدل پایه Ceres نیز در تحقیق دیگری که همزمان در شرایط بیرجند و برای گندم انجام شد بررسی و اعتبار آن در برآورد برای شرایط بیرجند به اثبات رسیده است (Mansouri, 2012).

سایر اطلاعات مورد نیاز مدل، مانند اطلاعات خاک‌شناسی

جدول 1- آماره توصیفی داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده مدل LARS-WG و مقادیر واقعی ایستگاه بیرجند در دوره 1987-2006 میلادی
Table 1- Descriptive statistics of climate data simulated by the LARS-WG model and actual values recorded in Birjand stations for 1987-2006 period

داده‌ها Data	آماره Statistics	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	کمینه دما (درجه سانتی‌گراد) T_{min} (°C)	بیشینه دما (درجه سانتی‌گراد) T_{max} (°C)	ساعات آفتابی (ساعت) Sunlight hours (h)
واقعی Observed	میانگین Mean	13.4	8.3	24.45	9.00
	انحراف استاندارد Standard deviation	15.14	7.8	9.02	2.07
برآورد شده Predicted	میانگین Mean	12.2	8.2	24.42	9.26
	انحراف استاندارد Standard deviation	12.66	7.77	9.01	1.99

جدول 2- مقایسه داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده مدل LARS-WG با مقادیر واقعی

ایستگاه بیرجند در دوره 1987-2006 میلادی

Table 2- Compration of simulated climate data by LARS-WG model with the recorded values in Birjand stations for 1987-2006 period

آماره Statistics	بارش (میلی‌متر) Precipitation (mm)	کمینه دما (درجه سانتی‌گراد) T_{min} (°C)	بیشینه دما (درجه سانتی‌گراد) T_{max} (°C)	ساعات آفتابی (ساعت) Sunlight hours (h)
آزمون t t-Test	0.884	1.1	0.17	-2.8
سطح معنی‌داری Significance level	0.396	0.29	0.86	0.015
فاصله اطمینان 95% 95% Confidence interval	-1.82	-0.92	-0.28	-0.06
	4.28	0.299	0.34	-0.47
همبستگی Correlation	0.956**	0.999**	0.999**	0.988**

** : همبستگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (دو دامنه)

** : Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

سرد سال خواهد بود و حداکثر میزان افزایش دمای کمینه در بیرجند طی دوره آینده نسبت به دوره پایه در ماه مارس (اواسط اسفند ماه تا اواخر فروردین) به میزان 1/2 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. به طور میانگین دمای کمینه بیرجند در دوره 2010 تا 2039 میلادی با 0/7 درجه سانتی‌گراد افزایش نسبت به دوره زمانی 1976-2006، از 8/1 به 8/8 درجه سانتی‌گراد می‌رسد (جدول 4). همچنین بر اساس داده‌های برآورد شده توسط مدل، به جز در ماه ژوئن که میانگین بیشینه دمای آن در مقایسه با دوره پایه کاهش پیدا خواهد کرد، در سایر ماه‌های سال میانگین بیشینه دما افزایش می‌یابد. افزایش دما در ماه‌های سرد سال بیشتر از سایر ماه‌ها بوده و بیشترین افزایش دما مربوط به ماه فوریه با حدود دو درجه سانتی‌گراد است (جدول 3). در کل،

در بین پارامترهای مدل‌سازی شده و مقادیر واقعی آن‌ها نیز همبستگی خوبی وجود دارد. از این رو می‌توان گفت نتایج مدل‌سازی در این ایستگاه قابل قبول می‌باشند. کارایی این مدل برای برآورد داده‌های اقلیمی در ایستگاه‌های خراسان قبلاً نیز تأیید شده است (Babaeian et al., 2005).

تغییرات دما و بارندگی منطقه بیرجند

برآورد مدل نشان می‌دهد که میزان درجه حرارت کمینه در تمامی ماه‌های سال در آینده نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. (جدول 3). بر مبنای پیش‌بینی مدل، بیشترین افزایش دمای کمینه در ماه‌های

طبق برآوردها، علی‌رغم کاهش بارش‌های فصل زمستان در آینده نسبت به دوره پایه، در سایر فصل‌های سال بارندگی‌ها افزایش خواهد داشت، به طوری که متوسط بارندگی سالیانه در آینده حدود 3/5 درصد بیشتر خواهد بود (جدول‌های 2 و 3). بیشترین افزایش بارندگی مربوط به فصل‌های تابستان و پاییز است، به طوری که در تابستان بارش‌ها تقریباً سه برابر دوره آماری فعلی بوده و در فصل پاییز بارندگی 9/5 درصد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. همچنین عمده بارش‌های فصل زمستان در انتهای این فصل خواهد بود (جدول 3). احتمال می‌رود که با توجه به الگوی پیش‌بینی شده و افزایش دماهای زمستانه (جدول 3)، بیشتر بارندگی‌ها در آینده به شکل باران باشد و از تکرار وقایع ریزش برف کاسته شود.

میانگین دمای بیشینه بیرجند در دوره 2010 تا 2039 در مقایسه با دوره آماری فعلی به میزان 0/6 درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. پیش از این، با مطالعه ایستگاه‌های مختلف در سطح کشور در قالب طرح آشکارسازی تغییر اقلیم، روند افزایش دما در اکثر ایستگاه‌های کشور مورد تأیید قرار گرفته است (Rahimzadeh & Asgari, 2005). در مطالعه‌ای دیگر در خصوص تأثیر تغییر اقلیم بر دما، تحت سناریوی A₂ برای سه دوره زمانی 2010-2029، 2040-2069 و 2070-2099 میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری و خروجی‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 در حوضه کشف‌رود نیز مشخص شد که دما در هر سه دوره پیش‌بینی نسبت به دوره پایه 1961-1990 افزایش خواهد یافت (Alizadeh et al., 2010b).

جدول 3- مقایسه داده‌های واقعی میانگین ماهانه دماهای کمینه، بیشینه (درجه سانتی‌گراد) و میانگین ماهانه بارش (میلی‌متر) در دوره زمانی فعلی (1976-2006) با مقادیر پیش‌بینی شده آن‌ها در آینده (دوره 2010 تا 2039) در بیرجند، با استفاده از مدل LARS-WG بر مبنای سناریوی A₁ تأیید شده IPCC

Table 3- Comparing the actual monthly mean of minimum and maximum temperatures (°C) and mean monthly precipitation (mm) in the current period (1976-2006) with their predicted values in the future (2010 to 2039) in Birjand, using LARS-WG model based on IPCC confirmed A₁ scenario

ماه‌های سال Months	میانگین ماهانه دمای کمینه (درجه سانتی‌گراد) The mean monthly of minimum temperature (°C)		میانگین ماهانه دمای بیشینه (درجه سانتی‌گراد) The mean monthly of maximum temperature (°C)		میانگین ماهانه بارش (میلی - متر) The mean monthly of precipitation (mm)	
	دوره فعلی Current		دوره آتی Future		دوره فعلی Current	
ژانویه January	-2.8	-1.9	10.5	11.7	29.90	21.52
فوریه February	-0.4	1.2	13.1	15.3	31.80	33.17
مارس March	3.8	5.0	17.9	20.0	41.90	48.59
آوریل April	9.3	9.4	24.7	24.7	15.58	16.90
می May	13.6	14	30.3	30.8	5.65	4.63
ژوئن June	17.6	17.8	34.7	34.3	0.60	1.09
ژوئیه July	19.4	19.5	35.3	35.4	0.10	0.21
اوت August	16.4	17	34.3	34.5	0.10	0.26
سپتامبر September	11.8	12.7	31.5	34.5	0.50	1.60
اکتبر October	6.7	7.6	25.9	26.4	2.80	2.44
نوامبر November	2.3	3.4	19.4	21.1	7.89	6.66

دسامبر December	-1.2	-0.09	13.4	13.6	24.77	29.75
--------------------	------	-------	------	------	-------	-------

جدول 4- میانگین داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک بیرجند در 30 سال اخیر (1980-2009 میلادی) و برآورد آن‌ها برای دوره آتی (2039-2010 میلادی)

Table 4- The average of climatic data of Birjand synoptic weather station in the last 30 years (1980-2009) and estimating of them forthcoming period (2010-2039)

پارامتر اقلیمی Climatic parameter	واحد unit	دوره فعلی Current	دوره آتی Future
حداقل درجه حرارت Minimum temperature	درجه سانتی‌گراد °C	8.1	8.8
حداکثر درجه حرارت Maximum temperature	درجه سانتی‌گراد °C	24.3	24.9
متوسط درجه حرارت روزانه Mean of daily temperature	درجه سانتی‌گراد °C	16.2	16.9
سرعت باد در ارتفاع دو متری Wind speed (at 2 m height)	کیلومتر در روز km.day ⁻¹	161	168
رطوبت نسبی Relative humidity	درصد %	36	35
ساعات آفتابی Sun hours	تعداد ساعت hours	12.1	11.7
مجموع بارش سالانه Total yearly rainfall	میلی‌متر mm	161.6	167.3
متوسط تبخیر و تعرق روزانه Mean of daily ET _O	میلی‌متر mm	4.83	4.96
Climate type: arid and semi-arid		اقلیم منطقه: خشک و نیمه‌خشک	

هنوز میزان نزولات نسبت به بعضی از ماه‌های دیگر کمتر است (جدول 3). به نظر می‌رسد یک پارامتر به تنهایی بر روی میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع تأثیرگذار نیست، بلکه این اثرات متقابل عوامل اقلیمی است که میزان تبخیر و تعرق را تعیین می‌کند (Ashraf et al., 2012). بیشترین میزان ET_O در ماه ژوئیه (10 تیر تا 10 مرداد) مشاهده شد. در این ماه میزان بارش‌ها و رطوبت نسبی از سایر ماه‌ها کمتر، و حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه و سرعت باد نسبت به سایر ماه‌ها در بالاترین مقدار می‌باشد (جدول 3). به نظر می‌رسد، مجموعه این عوامل باعث افزایش میزان ET_O در این ماه شده است (شکل 1). در مرحله بعد با توجه به تغییر در هر یک از پارامترهای اقلیمی، میزان تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع در دوره آینده محاسبه گردید (شکل 1). طبق این برآوردها، بیشترین و کمترین میزان ET_O همانند دوره فعلی به ترتیب در ماه‌های ژوئیه و ژانویه می‌باشد. با توجه به وابستگی دیگر پارامترهای اقلیمی به درجه حرارت، این عامل مهمترین عامل تأثیرگذار روی ET_O می‌باشد (Nikbakht et al., 2007).

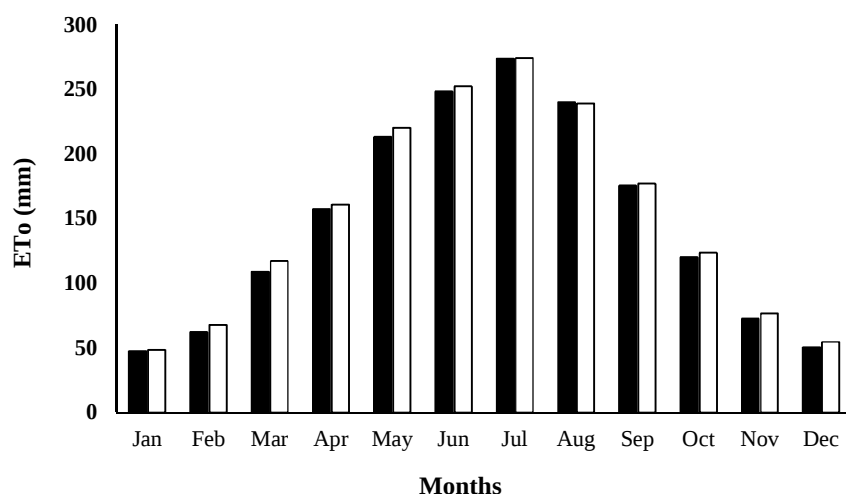
هم راستا با این نتایج، مطالعاتی با کمک مدل لارس در خصوص پیش‌بینی تغییرات اقلیم در خراسان جنوبی در دوره 2039-2010 میلادی حاکی از افزایش چهار درصدی بارش در استان، کاهش تعداد روزهای یخبندان و افزایش میانگین سالانه دما در حدود 0/3 درجه سانتی‌گراد می‌باشد که بیشترین افزایش ماهانه دما، مربوط به فصل زمستان به میزان یک درجه سانتی‌گراد خواهد بود (Abbasi et al., 2010).

محاسبه تبخیر و تعرق گیاه مرجع

اولین مرحله برای محاسبه تبخیر و تعرق محصولات زراعی، برآورد میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع می‌باشد. میانگین تغییرات ET_O با توجه به شرایط اقلیمی دشت بیرجند در ماه‌های مختلف در دوره فعلی (1980-2009 میلادی) نشان می‌دهد که کمترین میزان ET_O در ماه ژانویه (10 دی تا 10 بهمن) می‌باشد (شکل 1)، که دارای کمترین مقدار حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه است (جدول 3). گرچه میزان بارش‌ها هم در این ماه بالا می‌باشد، ولی

طول دوره رشد

از بین پارامترهای اقلیمی، فاکتور درجه حرارت جهت تعیین زمان مناسب کاشت محصول گندم اهمیت زیادی دارد (Emam, 2007).



شکل 1- مقایسه تبخیر و تعرق گیاه مرجع (ETo) در ماه‌های مختلف در بیرجند در دوره فعلی (1980-2009؛ ستون‌های تیره) و در آینده (2010 تا 2039؛ ستون‌های روشن) در بیرجند

Fig. 1- Comparison of reference evapotranspiration (ETo) in various months for the current period (1980-2009; dark columns) and the future (2010-2039; light columns) in Birjand

محصول)، مرحله سوم یا میانی رشد (بارور شدن محصول گندم)، و مرحله آخر رشد گندم (از زمان آغاز رسیدگی محصول تا برداشت آن) تقسیم شده است (Allen et al., 1998). بر این اساس نیاز حرارتی گندم برای مراحل مختلف برآورد شد (جدول 5). طول این مراحل چهارگانه رشد گندم در منطقه زرقان استان فارس 40، 120، 30 و 30 روز تعیین شده است (Niazi et al., 2005). طول هر یک از مراحل چهارگانه رشد جو نیز از نشریه فائو 56، با توجه به اقلیم منطقه که از نوع خشک و نیمه‌خشک است استخراج گردید (Allen et al., 1998). مجموع درجه حرارت تجمعی جو نزدیک به 2000 تا 2500 درجه روز در کل دوره رشد محصول می‌باشد (Emam, 2007). بر طبق برآوردها بیشترین طول دوره رشد گندم و جو در مرحله توسعه گیاه (مرحله دوم) است (جدول 5) که در این زمان، این گیاهان چرخه زندگی خود را در فصول سرد سال سپری کرده و حداقل و حداکثر درجه حرارت روزانه در این زمان کاهش می‌یابد (جدول 3).

با توجه به مجموع درجه حرارت تجمعی در دوره فعلی و مقایسه آن با GDD محاسبه شده از درجه حرارت‌های برآورد شده برای

متوسط درجه حرارت روزانه در 21 اکتبر در دوره آینده از طریق میانگین‌گیری حسابی برآورد گردید، بر طبق برآوردها، با وجود افزایش کلی متوسط درجه حرارت سالیانه در آینده، ولی متوسط درجه حرارت در پاییز نسبت به شرایط فعلی کمتر است و لذا کشت باید زودتر انجام پذیرد. بر مبنای برآوردهای مدل، تحت شرایط تغییر اقلیم در آینده، تاریخ کاشت گندم از 21 اکتبر (29 مهر ماه) به 19 اکتبر (با متوسط درجه حرارت روزانه 15/95 درجه سانتی‌گراد) انتقال می‌یابد. در خصوص جو نیز با توجه به این که در شش اکتبر (تاریخ کاشت شرایط فعلی) درجه حرارت حدود 18/8 سانتی‌گراد است، چنین شرایطی در آینده در سه اکتبر حاصل می‌شود. زمان برداشت جو، در دوره فعلی در ماه می (خرداد) و در شرایط آینده در آوریل (اردیبهشت) برآورد گردید. مجموع حرارت تجمعی گندم در کل دوره رشد 2300 درجه روز - رشد می‌باشد (Emam, 2007). در تقسیم‌بندی فائو، دوره 240 روزه رشد گندم در مناطق خشک و نیمه‌خشک به چهار مرحله شامل مرحله اول رشد (زمان جوانه‌زنی و رشد اولیه محصول)، مرحله دوم رشد (از پایان مرحله اول رشد تا 80 درصد پوشش مزرعه؛ مرحله توسعه

ضریب گیاهی (KC)

ضریب گیاهی محصول به عنوان تابعی از مراحل رشد و تحت تأثیر عوامل مختلف از جمله تاریخ برداشت، درجه حرارت، رطوبت نسبی، دوره رشد و تیپ گیاه تغییر کرده (Nikbakht et al., 2007) و بین حداقل آن در مرحله آغازین تا حداکثر آن در مرحله میان فصل در نوسان است (Utset et al., 2007). میزان KC محصولات زراعی در کل بین 0/25 تا 1/35 متغیر است (Alizadeh, 2011). تغییرات KC در مورد محصول گندم و جو در منطقه بیرجند در دوره فعلی به ترتیب بین 0/4 و 0/3 (ابتدای رشد و زمان برداشت) تا 1/16 (حدود خوشه-دهی) برآورد شد (جدول 6). این مقادیر به دست آمده KC در طول دوره رشد در این تحقیق با مقادیر به دست آمده KC غلات در منطقه آسیا (Tomar & Otoole, 1980) و نیز با مقادیر توصیه شده توسط فائو (Allen et al., 1989) همخوانی دارد. با توجه به عدم تغییر زیاد تاریخ کاشت محصول در دوره آینده نسبت به دوره فعلی، تفاوت زیادی در مقادیر KC بین دوره فعلی و آتی مشاهده نمی‌شود (جدول 6) و اختلاف جزئی مشاهده شده ضریب گیاهی این دو محصول در اکثر ماه‌ها به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد آن‌ها در دوره آینده است (جدول‌های 5 و 6).

آینده، طول هر یک از مراحل رشد گندم و جو در دوره آینده برآورد گردید. در آینده افزایش درجه حرارت در شرایط اقلیمی آینده باعث کاهش قابل توجه طول دوره رسیدگی (سبز شدن تا رسیدگی) در گندم و جو خواهد شد، به طوری که فاصله کاشت تا رسیدگی برای گندم از 240 روز (در شرایط فعلی) به 227 روز (در شرایط آتی) و برای جو از 219 (در شرایط فعلی) به 193 روز (در شرایط آتی) تقلیل خواهد یافت. به نظر می‌رسد بیشترین تأثیر تغییر اقلیم بر کاهش طول دوره رشد هر دو گیاه ناشی از کاهش طول دوره رویشی (کاشت تا گرده‌افشانی) بوده و شرایط آتی مرحله زایشی را کمتر تحت تأثیر قرار می‌دهند (جدول 5). نتایج مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2001) نشان داد که تغییر اقلیم از طریق افزایش درجه حرارت باعث 26 روز کاهش در طول دوره رشد گندم در شرایط مشهود خواهد شد. آن‌ها نیز پیش‌بینی کردند که کاهش طول دوره رشد گندم عمدتاً ناشی از کاهش طول دوره کاشت تا گرده‌افشانی بوده و مرحله رشد زایشی کمتر تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرد. در کل درجه حرارت یک عامل محیطی تعیین‌کننده سرعت نمو و طول دوره رشد گیاه است. گل‌دهی و رسیدگی زودتر گیاهان زراعی در دهه‌های اخیر مشاهده و اغلب با دماهای گرم‌تر فصل رشد ارتباط داده شده است (Craufurd & Wheeler, 2009).

جدول 5- طول دوره رشد گندم و جو در دوره فعلی (1980-2009) و در آینده (دوره 2010 تا 2039) در بیرجند

Table 5- The length of growing period for wheat and barley in the current period (1980-2009) and future (2010-2039) in Birjand

محصول Crop	دوره زمانی Time frame	مراحل رشد (روز) growing stages (day)				
			ابتدایی Initial	نمو Development	میانه فصل Mid-season	انتهای فصل End-season
گندم Wheat	فعلی Current (1976-2006)	طول دوره رشد (روز) Growing period (day)	30	140	40	30
		درجه روز - رشد Growing degree-days	400	850	450	600
	آتی Future (2010-2039)	طول دوره رشد (روز) Growing period (day)	32	119	42	33
جو Barley	فعلی Current (1976-2006)	طول دوره رشد (روز) Growing period (day)	26	122	35	36
		طول دوره رشد (روز) Growing period (day)	31	93	38	31
	آتی Future (2010-2039)	طول دوره رشد (روز) Growing period (day)				

تبخیر و تعرق محصول (ET_C)

با توجه به تغییرات ET₀ (شکل 1)، و KC (جدول 6) تغییرات تبخیر و تعرق محصول (ET_C) در طول دوره رشد هر دو گیاه در شرایط فعلی و آتی، به تفکیک ماه‌های مختلف برآورد گردید (جدول

6). در شرایط فعلی مقدار ET_C در ماه اکتبر به دلیل کاشت گندم در دهه سوم این ماه (21 اکتبر) و نیز قرار داشتن هر دو گیاه در مراحل ابتدایی رشد و کم بودن سطح اندام‌های هوایی گیاه کمترین مقدار را دارد. در ماه دسامبر میزان تبخیر و تعرق محصول نسبت به ماه قبلی

(نوامبر) کاهش می‌یابد. در این ماه ساعات آفتابی کم‌تر و میزان ابرناکی و به دنبال آن مقدار بارش‌ها افزایش چشمگیری دارد، که این عوامل باعث کاهش تبخیر و تعرق محصول نسبت به ماه قبل می‌شود (جدول 6). در طول دوره رشد محصول، با افزایش ضریب گیاهی نیاز

جدول 6- مقایسه ضریب گیاهی و تبخیر و تعرق محصول گندم و جو به تفکیک ماه‌های مختلف در دوره فعلی و آینده در بیرجند
Table 6- Comparison of crop coefficient and evapotranspiration of wheat and barley in the current and future months in Birjand

ماه‌ها Months	گندم Wheat				جو Barley			
	ضریب گیاهی Crop coefficient (KC)		تبخیر و تعرق محصول (میلی‌متر) ET _c (mm)		ضریب گیاهی Crop coefficient (KC)		تبخیر و تعرق محصول (میلی‌متر) ET _c (mm)	
	دوره فعلی Current		دوره آتی Future		دوره فعلی Current		دوره آتی Future	
	Current	Future	Current	Future	Current	Future	Current	Future
اکتبر October	0.4	0.4	14.9	20.2	0.3	0.3	29.6	34.7
نوامبر November	0.41	0.41	30.7	32.7	0.41	0.42	30.1	32.9
دسامبر December	0.54	0.58	28.8	32.8	0.62	0.7	32.7	39.9
ژانویه January	0.7	0.78	30.3	40.1	0.84	0.99	42.5	51
فوریه February	0.8	0.97	56	67	1.05	1.16	66.8	79.4
مارس March	1.04	1.14	116	135.4	1.16	1.00	128.3	116
آوریل April	1.16	1.16	183.2	188.2	0.81	0.37	123.5	27.2
می May	1.09	0.7	230	149.5	0.27	--	3.4	--
ژوئن June	0.51	--	71.9	--	--	--	--	--
مجموع Total			761.8	665.9			456.9	381.1

قبل، میزان تبخیر و تعرق محصول کاهش می‌یابد (جدول 6). همچنین در منطقه بیرجند در دهه دوم این ماه برداشت محصول انجام می‌گیرد.

با توجه به افزایش درجه حرارت در تمام ماه‌های رشد گندم در شرایط آینده نسبت به دوره فعلی، میزان تبخیر و تعرق محصول در همه ماه‌ها به جز در ماه می افزایش می‌یابد (جدول 6). در دوره آینده، ماه می زمان برداشت محصول است و با توجه به مقدار KC، تبخیر و تعرق در این ماه نسبت به دوره فعلی کمتر می‌شود. به دلیل کوتاه‌تر شدن دوره رشد گندم در آینده، علی‌رغم افزایش درجه حرارت در دوره آینده، میزان کل ET_c محصول کمتر از دوره فعلی می‌باشد. در مورد

در این ماه حداقل و حداکثر درجه حرارت نسبت به ماه‌های قبلی بالاتر و میزان بارش‌ها کمتر می‌باشد (جدول 3). علی‌رغم افزایش بارش‌ها در ماه‌های مارس و آوریل (جدول 5)، به دلیل افزایش درجه حرارت و رسیدن گیاه به مرحله میانی با بیشترین میزان KC، تبخیر و تعرق جو نیز در این زمان به حداکثر می‌رسد (جدول 6). در دوره فعلی، مرحله انتهایی رشد گندم در ماه ژوئن (خرداد) و برای جو در اوایل ماه می (نیمه اردیبهشت) واقع شده است. فعالیت‌های فیزیولوژیکی گیاه مثل تنفس و فتوسنتز محصول در این ماه کاهش یافته و سطح تعرق‌کننده گیاه به دلیل از دست رفتن برگ‌ها کم می‌شود، لذا در این ماه علی‌رغم افزایش حداقل و حداکثر درجه حرارت نسبت به ماه‌های

جو، با توجه به افزایش درجه حرارت در ماه مارس در دوره آینده نسبت به دوره فعلی میزان تبخیر و تعرق محصول در این ماه در بیشترین میزان است، حتی با وجودی که در این ماه میزان K_C محصول به علت کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد نسبت به شرایط فعلی کمتر شده (جدول 6)، و میزان بارش نیز افزایش یافته است (جدول 3). این نشان‌دهنده تأثیر بیشتر افزایش درجه حرارت بر روی تبخیر و تعرق محصول است. در بررسی پارامترهای اقلیمی مؤثر بر تبخیر و تعرق در ایران به روش تجزیه عاملی مشخص شد که در هر یک از ماه‌های سال، یکی از پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه نقش مؤثرتری بر میزان تبخیر و تعرق و نهایتاً نیاز آبی داشته است؛ در این میان نقش دما و میزان ابرناکی که روی بارش‌ها تأثیرگذار است از بقیه مشهودتر بوده است (Malekinejad & Poormohammadi, 2008). کمترین میزان تبخیر و تعرق محصول جو در شرایط آینده در ماه آوریل می‌باشد که در انتهای دهه دوم این ماه برداشت محصول انجام می‌شود. علاوه بر آن درجه حرارت در این ماه نسبت به دوره فعلی تغییر محسوسی نداشته و میزان بارش‌ها نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد (جدول 3).

نیاز آبی

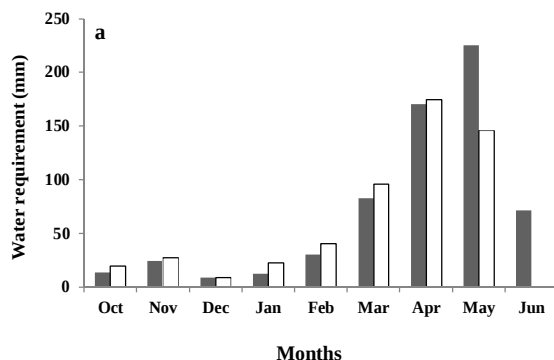
نیاز آبی گیاه نشان‌گر مقدار آبی است که گیاه در کل فصل رشد برای رشد کامل و محصول‌دهی به آن نیاز دارد (Alizadeh, 2011). بر اساس تبخیر و تعرق محصول (جدول 6) و با توجه به الگوی بارش در منطقه (جدول 3)، نیاز آبی هر دو محصول گندم و جو در طول دوره رشد، در شرایط فعلی و آبی برآورد گردید (شکل 2). بر طبق برآوردها نیاز آبی گندم در تمام طول فصل یکسان نیست، در فصل پاییز گیاه به آب کم‌تری نیاز دارد (47/1 میلی‌متر) تا در فصل بهار (125/6 میلی‌متر) که هنگام رشد و نمو فعال گیاه است. نیاز آبی جو در منطقه بیرجند نیز در ماه دسامبر (10 آذر تا 10 دی)، به علت کم بودن سطح برگ گیاه و اندام هوایی کم می‌باشد (شکل 2). علاوه بر آن میزان بارش‌ها در این ماه نسبت به ماه‌های قبل بیشتر می‌باشد که باعث افزایش بارش مؤثر و کاهش میزان نیاز آبی محصول می‌شود (جدول 3). چنان‌چه در فصل پاییز آب زیادی به گیاه داده شود نه تنها آب مصرف شده به هدر می‌رود، بلکه مقداری از کودهای شیمیایی محلول که به خاک داده شده شسته شده و به اعماق خاک می‌رود و از دسترس ریشه‌ها خارج می‌گردد (Emam, 2007). در بهار حساسیت گندم به کم آبی در همه مراحل رشد یکسان نیست و

مراحل رشد طولی ساقه، غلاف رفتن و گل‌دهی نسبت کم آبی حساسیت بیشتری دارند (Nicholl, 1997). در کل چون گندم از شروع غلاف رفتن تا مرحله خمیری نرم (فصل بهار) نیاز آبی زیادی دارد نباید با تنش خشکی رو به رو شود، در غیر این صورت با کمبود عملکرد در واحد سطح رو به رو خواهد شد (Emam, 2007).

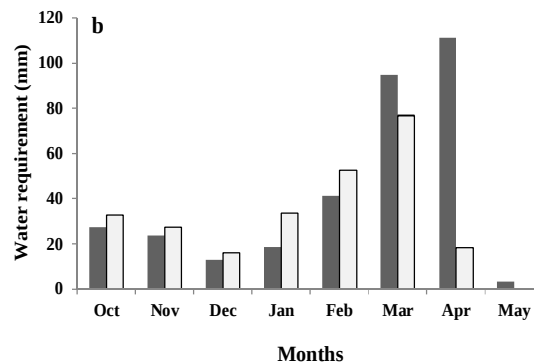
نیاز آبی روزانه گندم در منطقه بیرجند از بهار تا رسیدگی محصول بین دو تا هفت میلی‌متر متغیر است (شکل 2). با توجه به این که در منطقه بیرجند، مراحل نهایی رشد محصول گندم منطبق با شروع فصل خشک سال (میزان کم بارش و درجه حرارت بالا) می‌باشد، در نتیجه خاک با کمبود رطوبت مواجه شده و ادامه این روند موجب وارد شدن تنش به محصول می‌شود، بنابراین باید کسری رطوبت از طریق آبیاری جبران شود. در کل، مقدار آب مورد نیاز زراعت گندم از مرحله جوانه‌زنی تا رسیدن در حدود 6000 مترمکعب در هکتار (با تغییراتی بسته به منطقه) می‌باشد، البته این مقدار آب باید در دسترس گیاه باشد (Emam, 2007). در این مطالعه میزان نیاز آبی گندم در کل دوره رشد 240 روزه، 640 میلی‌متر یا 6400 مترمکعب در هکتار برآورد گردید. در پژوهش مشابه در منطقه زرقان استان فارس برای دوره 220 روزه رشد محصول گندم، نیاز آبی 624 میلی‌متر به دست آمده است (Niazi et al., 2005). لازم به ذکر است این برآورد در شرایط استاندارد بوده و در عمل، کشاورزان آب بیشتری به مزرعه می‌دهند. در بخش‌هایی از دشت بیرجند زمین به علت شرایط فیزیکی نامناسب خاک، سخت و نفوذناپذیر شده و کشاورزان به ناچار جهت تسهیل خروج گیاهچه‌ها از خاک، آبیاری‌های اولیه زمین را سنگین انجام می‌دهند. علاوه بر آن در بعضی نقاط دشت بیرجند بالا بودن شوری خاک باعث می‌شود تا کشاورزان اقدام به آبشویی خاک با آبیاری سنگین نمایند.

با کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد گندم و جو به موازات افزایش بارش‌ها در شرایط آینده، میزان نیاز آبی محصول در کل دوره رشد، در این دوره نسبت به دوره فعلی کاهش می‌یابد (شکل 2). این کاهش برای محصول گندم 19/5 و برای محصول جو حدود 22/5 درصد در کل دوره رشد است. علت عمده این کاهش، کوتاه شدن طول دوره رشد محصول و وقوع دوره‌های میانی و انتهایی رشد در دماهای پایین‌تر طی سال، و نیز تغییرات میزان K_C محصول نسبت به دوره پایه به موازات افزایش بارش‌ها می‌باشد (جدول‌های 3 و 6). در بررسی تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن هوا با افزایش دما در دهه‌های آتی بر روی تبخیر و تعرق گیاهان زراعی در نواحی

نحوی که این افزایش تبخیر - تعرق حتی با بستن روزنه‌ها و کاهش دوره رشد گیاه نیز جبران نخواهد شد (Baguis et al., 2010).



مرکزی بلژیک مشخص شد که در خصوص محصولات بهاره - پاییزه نظیر گندم، افزایش نیاز آبی مورد توجه نخواهد بود، اما در عوض درمورد محصولات بهاره - تابستانه نظیر گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.)، افزایش معنی‌داری در نیاز آبی رخ خواهد داد، به



شکل 2- مقایسه نیاز آبی گندم (a) و جو (b) در ماه‌های مختلف در دوره فعلی (1980-2009؛ ستون‌های تیره) و در آینده (دوره 2010 تا 2039؛ ستون‌های روشن) در بیرجند

Fig. 2- Comparing crop water requirement for wheat (a) and barley (b) in different months in the current period (1980-2009; dark columns) and the future (2010-2039; light columns) in Birjand

کاهش عملکرد محصول گندم در آینده شناخته شده‌اند (Koocheki et al., 2001). در این تحقیق، بیشترین میزان کاهش در دوره توسعه‌ای مشاهده شد (جدول 4)، که بیان‌گر کاهش طول دوره رویشی بوده و بنابراین، احتمال می‌رود زیرساخت‌های تولیدی گیاه (برگ‌ها) فرصت کافی برای توسعه نداشته و نیز مواد کمتری در ساقه‌ها برای انتقال مجدد ذخیره شوند. بیان شده که افزایش CO_2 در آینده بر روی سرعت نمو بی‌اثر بوده و یا اثر اندکی خواهد داشت و سرعت نمو (عکس طول مدت از کاشت تا گل‌دهی) تا حد زیادی توسط واکنش‌ها به درجه حرارت و فتوپریود تعیین می‌شوند و تاکنون توجه زیادی به نقش فتوپریود و اثر متقابل آن با افزایش درجه حرارت نشده است (Craufurd & Wheeler, 2009). آنچه که در حال حاضر مشخص است، این است که تغییرات عملکرد گندم در مقیاس منطقه‌ای تا حد زیادی از الگوی افزایش درجه حرارت تبعیت خواهد کرد به طوری که در درجه حرارت‌های حداکثر روزانه بالاتر از 30 درجه روی عملکرد نهایی تأثیر می‌گذارد (Koocheki et al., 2001). پیش از این نیز برآورد شده بود که علی‌رغم تأثیر نسبی افزایش دی-اکسیدکربن، عملکرد گندم آبی کشور بسته به مناطق مختلف تولید و نوع مدل گردش عمومی به کار رفته، در دامنه بین 13 تا 28 درصد برای سال‌های 2050 میلادی کاهش خواهد یافت (Nassiri

همچنین انتظار می‌رود کم‌شدن طول دوره‌های اولیه و توسعه‌ای رشد گیاه (جدول 5)، باعث کاهش سطح برگ گیاهان و میزان تشعشع جذب شده توسط کانوپی گیاهی شده (Koocheki & Nassiri Mahallati, 2009) و به طبع آن میزان تعرق گیاهی در آینده کاهش یابد.

عملکرد گندم

با توجه به خروجی مدل DSSAT، متوسط عملکرد گندم با 33 درصد کاهش از حدود 4237/2 در شرایط فعلی به 2829/7 کیلوگرم در هکتار تحت شرایط تغییر اقلیم خواهد رسید. علت کاهش عملکرد را می‌توان به دلیل تأثیر افزایش درجه حرارت بر طول دوره رشد محصول در شرایط تغییر اقلیم دانست. بیان شده است که کوتاه شدن مراحل نمو تحت این شرایط به احتمال زیاد عملکرد یک واریته معین را کاهش خواهد داد (Craufurd & Wheeler, 2009). کاهش طول دوره رشد رویشی و نیز کوتاه‌تر شدن طول دوره رسیدگی دانه، کم شدن میزان تخصیص مواد به ساقه به عنوان مهمترین منبع انتقال مجدد، و افزایش فراوانی درجه حرارت‌های بالای بهاره در شرایط آینده نسبت به دوره فعلی و در نتیجه انطباق مراحل گل‌دهی گیاه با این درجه حرارت‌ها از جمله موارد احتمالی است که باعث

(Mahallati & Koocheki, 2006).

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که تغییر اقلیم یکی از چالش‌های اساسی فراروی بخش کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و مطالعات شبیه‌سازی اثرات آن در آینده، می‌تواند به برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های کلان در جهت تأمین امنیت غذایی جامعه و رفاه تولیدکنندگان کمک نماید. باید دانست که اثر تغییر اقلیم بر گیاهان مختلف و در مناطق مختلف متفاوت خواهد بود، و مجموعه‌ای از عوامل متغیر، مانند درجه حرارت و میزان بارش و ویژگی‌های گیاهی هستند که نیاز آبی یک محصول را تعیین می‌کنند. مدل‌های به کار رفته در این پژوهش قبلاً با موفقیت در مطالعات مختلف مورد استفاده قرار گرفته‌اند و نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که استفاده از این مدل‌ها جهت پیش‌بینی تغییر اقلیم و اثرات ناشی از آن بر نیاز آبی محصولات زراعی دشت بیرجند با دقت مطلوبی امکان‌پذیر خواهد بود. در حال حاضر، استفاده از این مدل‌ها تنها راه حل موجود جهت مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر روی نیاز آبی در مقیاس منطقه‌ای می‌باشد.

بدیهی است همگام با تغییر اقلیم، نیاز است شیوه‌های زراعی و مدیریت کشاورزی نیز جهت انطباق با تغییرات حتمی اقلیمی بهبود یابد. یکی از راهکارهای ساده و کم‌هزینه سازگاری، تغییر تاریخ کاشت و کاشت زودتر گیاهان جهت انطباق مراحل رشدی با درجه حرارت‌های مناسب و ممانعت از همزمانی دوره گل‌دهی گندم با درجه حرارت‌های بالا و نیز تعدیل اثرات سوء کاهش طول دوره رشد گندم می‌باشد (Nassiri Mahallati & Koocheki, 2005). همچنین بالا بردن مقاومت ارقام گندم کشت شده در منطقه بیرجند به درجه حرارت‌های بالا در طول دوره رشد و در زمان گل‌دهی به عنوان یک برنامه اصلاحی در جهت سازگاری به تغییر اقلیم می‌تواند مؤثر باشد. بیان شده است که تغییر تاریخ کاشت و اصلاح ارقام جدید با مقاومت بیشتر به خشکی و درجه حرارت‌های بالا کاهش عملکرد گندم دیم کشور را در شرایط اقلیمی 2025 و 2050 میلادی به ترتیب 13 و 21 درصد بهبود خواهد بخشید (Koocheki & Nassiri Mahallati, 2009).

منابع

- 1- Abbasi, F., Malbusi, S., Babaeian, I., Asmari, M., and Borhani, R. 2010. Climate change prediction of south Khorasan province during 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO-G data. *Journal of Water and Soil* 24(2): 218-233. (In Persian with English Summary)
- 2- Adinalp, C., and Cresser, M. 2008. The effect of global climate change on agriculture. *American- Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 3(5): 672-676.
- 3- Alizadeh, A. 2011. *Soil, Water and Plant Relationship*. 12th Ed. Emam Reza University Press, Mashad, Iran 356 pp. (In Persian)
- 4- Alizadeh, A., Dehghani-Sanij, H., and Moosavi, M. 2010. The effect of using on farm real time climatic data for calculating irrigation requirement on water use efficiency of corn. *Iranian Journal of Irrigation and drainage* 4(2): 308-318.
- 5- Alizadeh, A., Sayari, N., Hesami Kermani, M.R., Bannayan Aval, M., and Farid Hossaini, A. 2010. Assessment of climate change potential impacts on agricultural water use and water resources of Kashaf rood basin. *Journal of Water and Soil* 24(4): 815-835. (In Persian with English Summary)
- 6- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. *Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper. NO. 56, Rome, Italy.
- 7- Ashraf, B., Mousavi-Baygi, M., Kamali, G.A., and Davari, K. 2012. Evaluation of wheat and Sugar beet water use variation due to climate change effects in two coming decades in the selected plains of Khorasan Razavi province. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 6(2): 105-117. (In Persian with English Summary)
- 8- Babaeian, I., Najafi nik, Z., and Zakizadeh, A. 2005. The preliminary study and evaluation of the weather generator models. A Case Study: The evaluation of LARS-WG model on selected stations Khorasan. *Climatology Center. Project Report*. (In Persian)

- 9- Baguis, P., Roulin, E., Willems, P., and Ntegeka, V. 2010. Climate change scenarios for precipitation and crop evapotranspiration over central Belgium. *Theoretical Applied Climatology* 99: 273-286.
- 10- Banivahab, A.R., and Alijani, A. 2005. Studying droughts and forecasting precipitation and temperature in Birjand area. *Geographical Research Quarterly* 37(52): 13-31 (In Persian with English Summary)
- 11- Bradley, N.L., Leopold, A.C., Ross, J., and Wellington, H. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 96: 9701-9704.
- 12- Craufurd, P.Q., and Wheeler, T.R. 2009. Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany* 60(9): 2529-2539.
- 13- Emam, Y. 2007. *Cereal Production*. The third Ed. Shiraz University Press, Shiraz, Iran 192 pp. (In Persian)
- 14- Farajzadeh, M., and Feyzi, V. 2012. Climate change assessment of Tabriz weather station at 2010-2100 period using downscale data LARS-WG model. *Territory (Sarzamin)* 9(1): 65-78. (In Persian with English Summary)
- 15- Fitter, A.H., and Fitter, R.S.R. 2002. Rapid change in flowering time in British plants. *Science* 296: 1689-1691.
- 16- Fulu, T., Masayuki, Y., Yinlong, X., Yousay, H., and Zhao, H. 2006. Climate changes and trends in phenology and yields of field crops in China. *Agricultural and Forrester Meteorology* 138: 82-92.
- 17- Frich, P., Alexavder, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Heylock, M., Klein Tank, A.M.G., and Peterson, T. 2002. Observed coherent change in climatic extremes during the second half of the 20 century. *Climate research* 19: 193-212.
- 18- Hussain, S.S., and Mudasser, M. 2007. Prospects for wheat production under changing climate in mountain areas of Pakistan-An econometric analysis. *Agricultur Analysis* 94: 494-501.
- 19- IPCC. 1995. *Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses*. Cambridge University Press 878 pp.
- 20- Kamali, G. 1989. *Bioclimatic studies of saffron in Southern Khorasan*. Iranian Research Organization for Science and Technology. Research Report. (In Persian)
- 21- Kardavani, P. 2007. *Drought and Ways of Dealing with it (Water in Agriculture, Industry and Urban)*. Tehran University Publications 392 pp. (In Persian)
- 22- Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Impacts of climate change and CO₂ concentration on wheat yield in Iran and adaptation strategies. *Journal of Iranian Field Crop Research* 6(1): 139-154. (In Persian with English Summary)
- 23- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Sharifi, H.R., Zand, E., and Kamali, G. 2001. A simulation study for growth, phenology and yield of wheat cultivars under the doubled CO₂ concentration in Mashhad conditions. *Desert* 6(2): 117-127. (In Persian with English Summary)
- 24- Koocheki, A., Nassiri, M., Sharifi, H.R., Soltani, A., Kamali, G.A., and Rezvani Moghaddam, P. 2003. Simulation of changes in climatic parameters of Iran under doubled CO₂ concentration using general circulation models. *Desert* 8 (2): 178-191 (In Persian with English Summary)
- 25- Lal, M., Singh, K.K., Rathore, L., Srinivasan, G., and Saseendran, S.A. 1998. Vulnerability of rice and wheat yields in NW India to future changes in climate. *Agricultural and Forest Meteorology* 89: 101-114.
- 26- Malekinejad, H., and Poormohammadi, S. 2008. Determination of main important climatic factors on evaporation of arid zones using rotated factor analysis procedure. *Water resource. Conference. Tabriz, Iran* p. 215. (In Persian with English Summary)
- 27- Mansouri, E. 2012. *Predict of wheat cultivars yield impact of climate change in Southern Khorasan province by using DSSAT model*. MSc thesis in water resources engineering. Faculty of Agriculture, University of Birjand. (In Persian with English Summary)
- 28- Mohajerani, H., Mosaedi, A., Kholghi, M., Maftah Halghi, M., and Saad Aldin, A. 2011. Estimating crop water requirement of wheat by Cropwat model in Kordkouy-Golestan province. *National Conference on Water Scarcity and Drought Management in Agronomy*. 23-24 Feb. Islamic Azad University of Arsanjan, Iran. (In Persian)
- 29- Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2005. Effects of climate change on agroclimatic indices in rainfed wheat production areas of Iran. *Journal of Iranian Field Crop Research* 3(2): 291-303. (In Persian with English Summary)
- 30- Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2006. Analysis of agroclimatic indices of Iran under future climate change scenarios. *Journal of Iranian Field Crop Research* 4(1): 169-182. (In Persian with English Summary)
- 31- Niazi, J., Fooladmand, H.R., Ahmadi, S.H., and Vaziri, J. 2005. Water requirement and crop coefficient of wheat in Zarghan area, Fars province. *Journal of Water and Soil Science Isfahan University of Technology* 9(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

- Persian with English Summary)
- 32- Nikbakht, J., Mohammadi, K., and Ehteshami, M. 2007. Estimation of crop evapotranspiration in different probability levels: Case study in Maragheh, East Azarbaijan. *Journal of Agricultural Sciences (Islamic Azad University)* 13(1): 95-106. (In Persian with English Summary)
 - 33- Osamu, T., Yoshida, K., Hiroaki, S., Katsuhiro, H., and Hajime Tangi, H. 2005. Estimation of irrigation water using cropwat model at KM35 project site, in Savannakhet, LAO, PDR. *Proceedings of the International Symposium on Role of Water Sciences in Transbounday River Basin Management*. 10-12 March. Ratchathani, Thailand.
 - 34- Rahimzadeh, F., and Asgari, A. 2005. A look at difference of increase rates of minimum with maximum temperature and at decrease rates of Diurnal temperature range (DTR) in Iran. *Iranian Quarterly Geographical Research Journal* 73: 153-171. (In Persian with English Summary)
 - 35- Semenov, M.A., and Barrow, E.M. 2002. LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies. User's manual, Version 3.0. Rothamsted Research Station 28 pp.
 - 36- South Khorasan government. 2007. The geographical and natural situation of Birjand County. Available at Web site http://www.sk-portal.ir/index.php?id=164&option=com_content&task=view (verified 3 September 2013).
 - 37- Tomar, V.S., and Otoole, J.C. 1980. Water use in lowland rice cultivation in Asia. A review of evapotranspiration. *Agricultural Water Management* 3: 83-106.



Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain)

M. Rahmani¹, M. Jami Al-Ahmadi^{2*}, A. Shahidi³ and M. Hadizadeh Azghandi⁴

Submitted: 06-10-2013

Accepted: 29-06-2015

Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., and Hadizadeh Azghandi, M. 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). Journal of Agroecology 7(4): 443-460.

Introduction

The global climate is changing and, despite efforts to reduce greenhouse gas emissions, weather variation is inevitable. Meanwhile, agriculture as a major water consumer will require adaptation to these variations, along with other challenges, to guarantee its persistence and sustainability. Given the arid and semi-arid climate of Iran, water, as a main limiting factor for agricultural production, plays an important role in determining the type of farming activities (Osamu et al., 2005). Crop water requirements and evapotranspiration are the main cause of water consumption in agricultural sector, the both accepted to face a dramatic increase in future under influence of increasing temperatures resulting from climate change (Koocheki et al., 2001). In this regard, the foreknowledge about future changes in climate and its effects on agricultural water use can be helpful for farmers and decision-makers. This study aimed to evaluate the climatic conditions of Birjand plain in the next two decades, and to investigate the effects of climate change on water consumption of wheat and barley as two main crops in this region.

Materials and methods

In the present survey, the effects of estimated climate change in Birjand plain on water requirement of wheat and barley and wheat yield in the 2010-2039 period were studied. Based on average weather data for the last thirty years from Birjand synoptic stations, climatic parameters of temperature and precipitation for the time period of 2010-2039 were simulated with LARS-WG5 using A₁ scenario confirmed by the IPCC. Wind speed and relative humidity also were estimated for the future period. Common planting and harvesting dates were obtained from local farmers and Birjand Agriculture Organization and duration and crop coefficients (K_c) for early, developmental, middle and final crop growth stages in the current period were extracted from FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. For the future period, these dates and growth stages duration were estimated by matching the average daily temperature at the current time with the time of their occurrence in the future. The reference and crop evapotranspiration were calculated based on Penman-Monteith equations and effective rainfall was determined with USDA method. Crop water requirement was also calculated using the CropWat software and effects of climate change on crop yield was evaluated using DSSAT model. The genetic factors were taken from the study of Mansouri (2012) in Birjand. Other required input data (edaphic and crop data) obtained from Agricultural Organization and local farmers.

Results and discussion

The results showed that the minimum and maximum temperatures of the future years will increase, and there would be an approximately 3.5 percent more annual rainfall in the future decades. The largest temperature increase will occur in cold months, with a maximum rise in temperature of 2 °C in February. Overall, the average maximum temperature for 2010-2039 would be up to 0.6 °C higher than current period in Birjand. These higher temperature will result a significant decrease in the length of crop growth period, so that the time of planting to maturity will be reduced from 240 and 219 days (in current terms) to 227 and 193 days (in the future)

1, 2, 3 and 4- Former MSc student in Agroecology, Associate Professors, Assistant Professor and former MSc student in Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)

for wheat and barley, respectively. Koocheki et al. (2001) has estimated 26 days shorter growing season for wheat in Mashhad due to higher temperatures in future. Despite higher reference evapotranspiration, crop water requirement will drop in the future between 19.5 percent (wheat) to 22.5 percent (barley), due to earlier planting of these crops and their shorter growing period. Indeed, due to the shorter duration of crop growth under climate change condition, the wheat yield will be reduced by about 30 percent. It was also previously estimated that despite an increase in carbon dioxide, wheat yield will be lower between 13 and 28 percent towards year 2050, which depends to location and employed general circulation models. Obviously, the agricultural practices and management should improve to comply with the inevitable climate changes. Increasing tolerance of wheat cultivars grown in this area to higher temperatures, especially during flowering time, can be effective in order to adapt to climate change.

Conclusion

Climate change is one of the main challenges facing the agricultural sector, especially in arid and semi-arid regions, and simulation of its effects in the future, can be useful for the planning and policy making to ensure food security for the community and welfare for the producers. The models which used in this study have already been successfully used in different studies. Our results showed that the use of these models to predict climate change and its effects on crops water requirements in Birjand plain will be possible with a good accuracy.

Keywords: Crop coefficient, Evapotranspiration, General atmosphere circulation model, LARS-WG

References

- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Sharifi, H.R., Zand, E., and Kamali, G. 2001. A simulation study for growth, phenology and yield of wheat cultivars under the doubled CO₂ concentration in Mashhad conditions. *Desert* 6(2): 117-127. (In Persian with English Summary)
- Mansouri, E. 2012. Predict of wheat cultivars yield impact of climate change in Southern Khorasan province by using DSSAT model. MSc Thesis in Water Resources Engineering. Faculty of Agriculture, University of Birjand. (In Persian with English Summary)
- Osamu, T., Yoshida, K., Hiroaki, S., Katsuhiko, H., and Hajime Tangi, H. 2005. Estimation of irrigation water using Cropwat model at KM₃₅ Project Site, in Savannakhet, LAO, PDR. Proceedings of the International Symposium on Role of Water Sciences in Transboundary River Basin Management. 10-12 March. Ratchathani, Thailand.

بررسی تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده (Acari: Phytoseiidae) در اکوسیستم‌های مختلف شهرستان ساری

جواد امیدی¹، علیرضا هادی‌زاده^{2*} و محمود محمدی شریف²

تاریخ دریافت: 1392/09/02

تاریخ پذیرش: 1394/04/20

امیدی، ج.، هادی‌زاده، ع.ر.، و محمدی شریف، م. 1394. بررسی تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده (Acari: Phytoseiidae) در اکوسیستم‌های مختلف شهرستان ساری. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 461-472.

چکیده

هدف از این تحقیق تعیین تنوع گونه‌ای کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده و امکان دستیابی به کنه‌های شکارگر مؤثر در کنترل بیولوژیک کنه‌های زیان‌آور گیاهی در شهرستان ساری مرکز استان مازندران بود. تعداد 80 گونه گیاهی از 46 خانواده مختلف در قالب سه اکوسیستم درختان جنگلی، درختان میوه و گیاهان زراعی از مهر ماه 90 لغایت آبان ماه 1391 مورد بازدید و نمونه‌برداری قرار گرفت. پس از شفاف شدن کنه‌ها درون آمیخته نسبت، از نمونه‌ها اسلاید میکروسکوپی تهیه شد و نسبت به شناسایی آن‌ها اقدام گردید. تعداد 19 گونه مختلف از کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده متعلق به هشت جنس و سه زیرخانواده Amblyseinae، Typhlodrominae و Phytoseiinae شناسایی شد. تعداد 694 نمونه تهیه شده (73%) مربوط به 12 گونه از زیرخانواده Amblyseinae بود که 68% (475 عدد) گونه *Transeius caspiensis* و 13% (90 عدد) گونه *Euseius amissibilis* تشکیل دادند. گونه *Phytoseius plumifer* از زیرخانواده Phytoseiinae حدود 16% و شش گونه مربوط به زیرخانواده Typhlodrominae حدود 10% جمعیت کنه‌های جمع‌آوری شده را تشکیل دادند. به طور کلی سه گونه *Euseius*، *Transeius caspiensis* و *Phytoseius plumifer* حدود 76% جمعیت کنه‌های شکارگر جمع‌آوری شده را تشکیل دادند. روی هم رفته شاخص‌های تنوع زیستی شامل شاخص غنای مارگالف برای کنه‌های شکارگر فیتوزئید 1/656، شاخص تنوع سیمپسون 0/69، شاخص شانون - وینر 1/546 و شاخص یکنواختی پیلو 0/525 به دست آمده نشان می‌دهد منطقه از تنوع گونه‌ای نسبتاً پائینی برخوردار است و توزیع یکنواختی بین گونه‌ها وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های تنوع زیستی، فیتوزئیده، کنترل بیولوژیک، مازندران

مقدمه

حشرات ریز از جمله تریپس‌ها داشته‌اند در چند دهه گذشته مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند (McMurtry & Croft, 1997). تا سال 2004 میلادی تعداد 2250 گونه از این کنه‌های شکارگر مورد شناسایی قرار گرفتند (Moraes et al., 2004). کلید شناسایی تعداد 2280 گونه از کنه‌های این خانواده که از نقاط مختلف جهان گزارش شده‌اند تا سطح زیرجنس نوشته شده است (Chant & McMurtry, 2007). برخی از کنه‌های این خانواده توسط شرکت‌های تولید فرآورده‌های زیستی به صورت انبوه تولید شده و به منظور رهاسازی بر علیه کنه‌های تارتن، تریپس‌ها، سفید بالک‌ها و شپشک‌ها به فروش می‌رسند (Gerson et al., 2003).

کنه‌های خانواده Phytoseiidae از راسته میان استیگمایان³ جانوران کوچکی هستند که غالباً شکارگرند. کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده به طول 200 تا 500 میکرون، به دلیل نقشی که در کنترل کنه‌های زیان‌آور گیاهی خانواده Tetranychidae، سایر کنه‌ها و

1 و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(Email: arhadizadeh@gmail.com)
(*) نویسنده مسئول:

در (Nohara et al., 2000; Monneti & Fernandez, 1995) شرایط آب و هوایی مناسب علف‌های هرز یک پناهگاه اکولوژیک طبیعی و یک منبع بالقوه فیتوزئیدها هستند (Muma, 1961; Papaioannou Souliotis, 2000). بنابراین نوع پوشش گیاهی حاشیه باغ‌ها و مزارع (Collins et al., 2003)، نوع عملیات زراعی مانند خاکورزی (Clark et al., 2006) و سمپاشی (Navntoft et al., 2006) از جمله عواملی هستند که بر انبوهی و تنوع زیستی کنه‌ها و سایر بندپایان تأثیر دارند. هر چه تعداد گونه‌های یک جامعه بیشتر و فراوانی نسبی آن‌ها یکنواخت‌تر باشد آن جامعه متنوع‌تر خواهد بود. هدف از جمع‌آوری و مطالعه کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده در شهرستان ساری تعیین تنوع گونه‌ای آن‌ها و امکان شناسایی گونه‌های حائز اهمیت از نظر مبارزه بیولوژیک بود زیرا منطقه با دارا بودن شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب از پتانسیل تنوع زیستی بالایی برخوردار است.

مواد و روش‌ها

به منظور جمع‌آوری کنه زمین‌های زراعی همراه با علف‌های هرز حاشیه آن‌ها، باغ‌ها و مناطق جنگلی به عنوان سه تیپ پوشش گیاهی منطقه به طور ماهیانه از مهر ماه 90 لغایت آبان ماه 1391 مورد بازدید قرار گرفت و نمونه‌برداری شد. بر حسب نوع گیاه میزبان، زمان نمونه‌برداری، اندازه نمونه و تعداد برگ، ساقه و سرشاخه‌های برداشت شده متفاوت بود (Castro & Moraes, 2007; Castro & Moraes, 2010). از 80 گونه گیاهی متعلق به 46 خانواده مختلف نمونه‌برداری شد (جدول 3). مواد گیاهی شامل برگ‌ها و سرشاخه‌های گیاه را پس از قطع داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده و نسبت به نصب برجسب آن‌ها اقدام گردید. کیسه‌ها در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل شده و در دمای چهار درجه سانتی‌گراد در یخچال نگهداری شدند. به منظور یکسان‌سازی نمونه‌های برداشت شده توده‌ای باحجم تقریباً مساوی از هر نمونه را در یک ظرف دو لیتری ریخته و با افزودن 1/5 لیتر آب و چند قطره مایع ظرفشویی نسبت به شناورسازی کنه‌های آن اقدام گردید. این برگ‌ها و سرشاخه‌ها به مدت 10 دقیقه چندین بار در محلول شستشو زیر و رو گردیده و سپس از محلول خارج و مخلوط حاصل از الک‌هایی با سوراخ‌های 20، 50، 200 و 400 مش عبور داده شد. الک‌ها را به وسیله پیست شستشو داده و کنه‌های آن‌ها به ظروف پتری انتقال یافت و برای

در ایران از سال 1340 تا سال 1357 در مجموع هشت گونه از کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده گزارش گردید (Sepasgozarian, 1977; Khalil Manesh, 1973; McMurtry, 1977). دانشور طی چندین سال تحقیق روی این کنه‌ها تعداد آن‌ها را به 41 گونه افزایش داد (Daneshvar & Denmark, 1980; Daneshvar, 1982; Daneshvar, 1990; 1987; Daneshvar, 1982). کتاب فهرست کنه‌های ایران تعداد 67 گونه از کنه‌های این خانواده را نام برده که از نقاط مختلف ایران جمع‌آوری شده است (Kamali et al., 2001). برخی پژوهشگران تعدادی از این گونه‌ها را با یکدیگر مترادف دانسته و تعداد 64 گونه آن‌ها را به رسمیت می‌شناسند (Hajizadeh et al., 2009; Faraji et al., 2007). با معرفی سه گونه جدید برای ایران از استان گیلان تعداد کنه‌های خانواده فیتوزئیده ایران به 70 گونه افزایش یافت (Hajizadeh, 2006a,b). طی سال‌های اخیر نیز سه گونه دیگر به جمع آن‌ها افزوده شد و شمار آن‌ها به 73 گونه بالغ گردید (Asali Fayaz et al., 2009; Ostovan et al., 2012; Ueckermann et al., 2009). آب و هوای گرم و مرطوب مناطق شمالی کشور محیط مناسبی را برای زندگی کنه‌های خانواده فیتوزئیده فراهم نموده است به طوری که تعداد 19 گونه آن‌ها به شرح جدول 2 از شهرستان ساری جمع‌آوری گردید.

کنه‌های شکارگر فیتوزئیده بر اساس عادات غذایی به چهار گروه مختلف تقسیم شده‌اند (McMurtry & Croft, 1997). تعدادی به طور اختصاصی از کنه‌های تارتن خانواده Tetranychidae تغذیه نموده و تعدادی شکارگر عمومی بوده که علاوه بر تغذیه از کنه‌های تارتن از دانه گرده و شیر گیاهی نیز تغذیه می‌کنند. این کنه‌ها در اکوسیستم‌های طبیعی از تنوع زیستی بالایی برخوردارند. تنوع زیستی تعداد، گوناگونی و آرایش موجودات زنده را شامل شده و در سه سطح تنوع درون‌گونه‌ای، تنوع بین‌گونه‌ای و تنوع بین اکوسیستم‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرد (Burely, 2002). تنوع گونه‌ای خود شامل دو بخش غنای گونه‌ای و یکنواختی است. به تعداد گونه در واحد سطح معینی از جامعه، غنای گونه‌ای و به نحوه توزیع افراد در بین این گونه‌ها یکنواختی گفته می‌شود و از ترکیب این دو مؤلفه، شاخص تنوع گونه‌ای به دست می‌آید (Ejtehad et al., 2009; Krebs, 1999). عوامل زیادی بر فراوانی و تنوع گونه‌ای کنه‌های گیاهخوار و شکارگر تأثیر می‌گذارند. کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی جمعیت کنه‌های گیاهخوار را افزایش و جمعیت فیتوزئیدها را کاهش می‌دهد

$$M = \frac{S-1}{\ln N} \quad \text{معادله (3)}$$

شاخص یکنواختی پیلو (Pielou's index) نیز از معادله (4) محاسبه شد:

$$J = \frac{H'}{\ln S} \quad \text{معادله (4)}$$

که در این معادلات، P_i : نسبت تعداد افراد گونه i به تعداد کل افراد (فراوانی نسبی)، S : تعداد گونه‌های موجود در جامعه، H' : شاخص تنوع شانون - وینر، $1-D$: شاخص تنوع سیمپسون، N : تعداد کل افراد در هر اکوسیستم، M : شاخص مارگالف، J : شاخص پیلو و $\ln$: لگاریتم طبیعی است. گونه غالب در هر اکوسیستم از روی مقدار فراوانی نسبی (P_i) تعیین گردید و گونه دارای بیشترین فراوانی نسبی به عنوان گونه غالب معرفی شد.

نتایج و بحث

در مجموع تعداد 946 اسلاید میکروسکوپی از کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده تهیه شد که با کلیدهای شناسایی داخلی و خارجی مورد شناسایی قرار گرفتند. این کنه‌ها شامل 19 گونه مختلف متعلق به هشت جنس از سه زیرخانواده Amblyseinae، Typhlodrominae و Phytoseiinae بود. بیشترین تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده (74%) متعلق به زیرخانواده Amblyseinae بود و زیرخانواده‌های Typhlodrominae و Phytoseiinae به ترتیب حدود 10 و 16 درصد باقیمانده را به خود اختصاص دادند (جدول 1). از نظر تعداد، 12 گونه (63%) به زیرخانواده Amblyseinae، شش گونه (32%) به زیرخانواده Typhlodrominae و یک گونه (پنج درصد) به زیرخانواده Phytoseiinae تعلق داشت. همچنین از کل نمونه‌های جمع‌آوری شده تعداد 240 کنه شکارگر (25%) روی گیاهان زراعی و علف‌های هرز حاشیه مزارع، 322 عدد (34%) روی درختان میوه و 384 عدد (41%) روی درختان جنگلی و درختچه‌های زینتی فعالیت داشته‌اند. از استان گیلان نیز تعداد 24 گونه جمع‌آوری و گزارش شده است که 11 گونه آن (46%) به زیرخانواده Amblyseinae، 10 گونه (41%) به زیرخانواده Typhlodrominae و سه گونه (13%) به زیرخانواده Phytoseiinae تعلق داشته‌اند (Hajizadeh, 2006a,b). در حالی که در بررسی ما این نسبت‌ها به ترتیب 63، 32 و 5 درصد است. این تفاوت احتمالاً ناشی از آن است

شناورسازی کنه‌ها در سطح آب از شربت قند اشباع استفاده شد (Hanson, 1968). کنه‌ها برای نگهداری به مایع اودمان منتقل شده و در فرصت مناسب از تمامی آن‌ها اسلاید میکروسکوپی تهیه شد. برای تهیه اسلاید میکروسکوپی، نمونه‌ها در مایع نسبتاً شفاف شده و در آمیخته هویر قرار گرفتند. اسلایدهای تهیه شده به منظور خشک شدن به مدت 10-15 روز در دمای $45-50^{\circ}\text{C}$ درون آون قرار داده شدند و سپس برای جلوگیری از جذب رطوبت دور لامل با لاک ناخن بی‌رنگ محصور گردید. کنه‌ها به کمک منابع داخلی و خارجی شناسایی شدند و به منظور تأیید برای پروفیسور آکرمن به آفریقای جنوبی ارسال گردیدند. پس از شناسایی اسلایدها به تفکیک گونه‌ها و اکوسیستم‌های نمونه‌برداری تفکیک شدند. سپس از شاخص‌های بوم‌شناختی شانون - وینر، تنوع سیمپسون، مارگالف و پیلو جهت تعیین تنوع، غالبیت، غنا و یکنواختی گونه‌ای در اکوسیستم‌های مختلف استفاده شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 (SAS Institute, 2003) و شاخص‌های مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه شد. نام علمی گیاهان و خانواده‌های آن‌ها نیز از فرهنگ نام‌های گیاهان ایران تألیف و گردآوری ولی الله مظفریان اقتباس گردید (Mozaffarian, 1999).

شاخص شانون - وینر¹ از شاخص‌های تئوری اطلاعات است که به گونه‌های نادر در اجتماع حساس بوده و از معادله (1) محاسبه شد.

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad \text{معادله (1)}$$

شاخص سیمپسون (Simpson's index) از جمله شاخص‌های تئوری احتمالات است که به گونه غالب در نمونه وزن داده و به غنای گونه‌ای حساسیت کمتری دارد و از معادله (2) محاسبه گردید:

$$1-D = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad \text{معادله (2)}$$

چون با افزایش D مقدار تنوع کاهش می‌یابد، بنابراین شاخص سیمپسون به صورت $1-D$ یا $1/D$ بیان می‌شود.

شاخص غنای مارگالف (Margalef's index) نیز از معادله (3) به دست آمد. این شاخص دامنه‌ای از صفر (تنوع کم) تا تقریباً $(1 - \frac{1}{S})$ دارد.

ممکن است از نوع گیاه مورد نمونه‌برداری، نوع پوشش گیاهی حاشیه باغ‌ها و مزارع و نوع عملیات کشاورزی اجرا شده در آن‌ها ناشی گردد که اثبات نقش هر کدام از آن‌ها نیازمند بررسی و تحقیق بیشتر است.

که نامبرده مدت زمان بیشتری (سه سال) را به جمع‌آوری کنه‌ها اختصاص داده و از طرف دیگر نمونه‌برداری از کل سطح استان گیلان صورت گرفته است در حالی که نمونه‌برداری ما یک سال به درازا کشید و تنها از شهرستان ساری بود. البته متفاوت بودن تنوع زیستی

جدول 1- گونه‌های کنه‌های فیتوزئید و شماره گیاه میزبان جمع‌آوری شده در شهرستان ساری

Table1- Total numbers of phytoseiid mites and host plants upon which mites collected in Sari district

گونه کنه فیتوزئید Phytoseiid species	جنگلی Forest	باغی Orchard	زراعی Farm crops	شماره گیاه میزبان Plant species number
Amblyseinae				
<i>Amblyseius herbicolus</i> Chant	-	14	5	13, 61
<i>Euseius amissibilis</i> Meshkov	36	33	21	1, 2, 3, 8, 13, 15, 22, 23, 24, 28, 29, 32, 41, 43, 54, 56, 60, 63, 68, 69, 72, 79
<i>Euseius finlandicus</i> Oudemans	10	3	-	32, 60, 71, 78
<i>Neoseiulus barkeri</i> Hughes	11	1	21	3, 12, 18, 25, 27, 35, 36, 41, 44, 46, 50, 62, 63, 65, 77
<i>Neoseiulus umbraticus</i> Chant	5	4	23	3, 6, 14, 29, 35, 36, 61
<i>Neoseiulus imbricatus</i> Corpuz-Raros & Rimando	-	-	16	5, 18, 70
<i>Neoseiulus bicaudus</i> (Wainstein)	-	-	4	59
<i>Neoseiulus marginatus</i> (Wainstein)	-	-	2	64
<i>Neoseiulus</i> sp.	-	-	1	46
<i>Proprioseiopsis levis</i> (Wainstein)	2	-	9	3, 24, 63, 64
<i>Proprioseiopsis messor</i> (Wainstein)	2	-	-	63
<i>Transeius caspiensis</i> Denmark & Daneshvar	212	152	111	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 26, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80
Typhlodrominae				
<i>Paraseiulus triporus</i> Chant & Yoshida-Shaul	14	3	4	9, 14, 15, 21, 34, 63, 72
<i>Paraseiulus soleiger</i> Ribaga	12	2	-	31, 60, 71
<i>Typhlodromus athiasae</i> Porath & Swirski	10	8	-	2, 7, 8, 15, 17, 44
<i>Typhlodromus tubifer</i> Wainstein	24	7	-	1, 14, 19, 30
<i>Typhlodromus bakeri</i> . (Garman)	10	-	-	44
<i>Typhlodromus kerkirae</i> Swirski & Ragusa	1	1	-	6, 11
Phytoseiinae				
<i>Phytoseius plumifer</i> Canestrini & Fanzago	35	94	23	1, 2, 7, 9, 10, 14, 20, 22, 25, 29, 30, 33, 34, 37, 39, 45, 49, 52, 59, 69, 71, 72, 73, 75, 76
Total جمع کل	384 (41%)	322 (34%)	240 (25%)	946

(Gerson et al., 2003). بنابراین بررسی دقیق بیولوژی، پارامترهای زیستی و کارایی آن‌ها در شرایط آب و هوایی شمال کشور ضروری به نظر می‌رسد.

از شهرستان ساری تعداد 19 گونه کنه شکارگر فیتوزئید جمع‌آوری شد که بیانگر تنوع بالای آن‌ها در این منطقه است، ولی جمعیت گونه‌ها یکنواخت نبوده و گونه *T. caspiensis* به شدت غالب است. این نتایج با شاخص‌های اکولوژیکی به دست آمده نیز مطابقت کامل دارد (جدول 2). شاخص غنای مارگالف در مورد کنه‌های شکارگر روی گیاهان جنگلی بیشترین مقدار (2/089) و در روی گیاهان باغی کمترین مقدار (1/208) را داشت. این تفاوت احتمالاً ناشی از نوع عملیات زراعی و نوع مدیریتی است که در دو اکوسیستم اعمال می‌شود. تحقیقات برخی پژوهشگران نشان می‌دهد که نوع پوشش گیاهی حاشیه باغ‌ها و مزارع (Collins et al., 2003)، نوع عملیات زراعی از جمله خاکورزی (Clark et al., 2006) و سمپاشی باغات و مزارع (Navntoft et al., 2006) بر انبوهی و تنوع زیستی کنه‌ها و سایر بندپایان تأثیر دارند. عملیاتی مانند شخم، خاکورزی و سمپاشی در اکوسیستم‌های جنگلی انجام نمی‌شوند، در حالی که اکوسیستم‌های باغی به شدت تحت تأثیر آن‌ها قرار دارند. لذا شاخص غنای مارگالف در محیط بکر جنگل بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. این شاخص در کنه‌های گیاهان زراعی 1/672 برآورد شد که از شاخص تنوع کنه‌های گیاهان جنگلی کمتر ولی از گیاهان باغی بیشتر است. به خاطر ناپایداری اکوسیستم‌های زراعی، انتظار می‌رود که تنوع کنه‌های گیاهان زراعی کمتر از گیاهان باغی باشد، در حالی که این گونه نیست. یکی از دلایل اصلی این اختلاف احتمالاً این است که در این تحقیق علف‌های هرز حاشیه مزارع هم جزء اکوسیستم زراعی در نظر گرفته شدند. علف‌های هرز حاشیه مزارع و باغ‌ها در معرض آفت‌کش‌های شیمیایی قرار ندارند، لذا کنه‌های اکوسیستم زراعی تنوع بالاتری نسبت به اکوسیستم باغی نشان دادند.

شاخص تنوع سیمپسون در کنه‌های روی درختان جنگلی 0/671، روی درختان میوه 0/667 و روی گیاهان زراعی 0/731 به دست آمد. این شاخص حساسیت بیشتری نسبت به گونه‌های عمومی (فراوان) دارد و درجه غالبیت را نشان می‌دهد. شاخص سیمپسون بین صفر و یک تغییر می‌کند و احتمال جمع‌آوری دو فرد به طور تصادفی که

در برزیل که فقط از روی درختان جنگلی نمونه‌برداری شده است 91% گونه‌های جمع‌آوری شده به زیرخانواده Amblyseinae تعلق داشته است (Castro & Moraes, 2010). سه گونه *Transeius caspiensis*، *Phytoseius plumifer* و *Euseius amissibilis* به ترتیب 50، 16 و 10 درصد جمعیت کنه‌های شکارگر جمع‌آوری شده را به خود اختصاص دادند که در مجموع 76% کل کنه‌ها را شامل می‌شود. از 698 کنه شکارگر زیرخانواده Amblyseinae تعداد 475 عدد آن (68%) مربوط به گونه *T. caspiensis* و 90 تا 13%) مربوط به گونه *E. amissibilis* است. این گونه‌ها سطح انتشار وسیع داشته و روی میزبان‌های گوناگون آلوده به کنه‌های اریوفید، تترانیکید، شپشک‌ها، تریپس‌ها و زنجبرک‌ها و حتی روی گیاهان عاری از کنه مشاهده شدند.

بسیاری از فیتوزئیدهای جمع‌آوری شده در این تحقیق شکارگر-های عمومی بوده و در گروه‌های III و IV مک مورتری و کرافت (McMurtry & Croft, 1997) قرار می‌گیرند. این کنه‌ها بیشتر به دانه گرده و حشرات ریز از جمله تریپس‌ها وابسته هستند و کمتر تمایل به تغذیه از کنه‌های تارتن دارند. گونه *T. caspiensis* بارها در لابلای تخم‌های شپشک‌های آردآلود، بالشک مرکبات و دیگر شپشک‌ها مشاهده شد. با تغذیه از کنه‌های تارتن میزان تولید تخم روزانه آن به ازای هر فرد ماده 1/3 تخم به دست آمده است (Rafati et al., 2004). با توجه به سطح انتشار وسیع آن در شمال کشور، اگر این گونه کارایی مناسبی داشته باشد می‌تواند در کنترل بیولوژیک برخی آفات از جمله شپشک‌های مرکبات نقش مهمی ایفاء نماید. از دیگر کنه‌ها که در گروه سوم جای می‌گیرند اغلب گونه‌های جنس *Neoseiulus* است که پنج گونه آن در این بررسی بیشتر از روی گیاهان زراعی و علف‌های هرز حاشیه مزارع جمع‌آوری شد. گونه‌های جنس *Euseius* نیز تخصص گرده‌خواری پیدا کرده و در گروه IV جای گرفته‌اند. این گروه از کنه‌های تارتن اجتناب نموده ولی از سایر کنه‌ها از جمله اریوفیدها، کنه‌های تارتن دروغین و حشرات ریز تغذیه می‌کنند. در بین گونه‌های جمع‌آوری شده دو گونه *Typhlodromus athiasae* و *Neoseiulus barkeri* از نظر مبارزه بیولوژیک حائز اهمیت بوده به طوری که گونه اولی توسط شش شرکت تجاری و دومی توسط یک شرکت به صورت انبوه تولید و برای رهاسازی بر علیه تریپس‌ها و کنه‌های تارتن به فروش می‌رسند

میزان تنوع کم می‌باشد (Moghadam, 2003). این شاخص به دلیل آن که تحت تأثیر گونه‌های نادر است میزان تنوع را قدری کمتر نشان می‌دهد. لذا در این حالت شاخص یکنواختی نقش مهمی در نشان دادن تنوع زیستی دارد. شاخص یکنواختی پیلو برای اکوسیستم‌های جنگلی، باغی و زراعی به ترتیب 0/618، 0/536 و 0/673 به دست آمد که نشان می‌دهد جامعه از تنوع گونه‌ای نسبتاً پائینی برخوردار است و وجود گونه غالب (*T. caspiensis*) سبب کاهش شاخص یکنواختی در اکوسیستم‌های مورد مطالعه خصوصاً باغی شده است.

متعلق به گونه‌های متفاوت باشند، را نشان می‌دهد. بنابراین، هر چه این شاخص به صفر نزدیک‌تر باشد، تنوع گونه‌ای پایین‌تر است (Ejtehadi et al., 2009).

شاخص شانون - وینر برای کنه‌های گیاهان جنگلی 1/632 و برای کنه‌های گیاهان زراعی 1/673 برآورد شد که با شاخص کنه‌های روی درختان میوه (1/332) اختلاف معنی‌دار دارند. این شاخص معمولاً بین 1/5 تا 3/5 تغییر می‌کند و در موارد استثنایی می‌تواند کمتر از 1/5 یا بیشتر از 3/5 باشد، به طوری که از صفر برای جامعه‌ای که فقط یک گونه دارد تا مقادیر هفت و بیشتر برای جوامع غنی تغییر می‌کند. صفر نشانه آن است که محیط به شدت تحت فشار است و

جدول 2- شاخص‌های غنا، تنوع و یکنواختی کنه شکارگر فیتوزئید روی گیاهان جنگلی، باغی و زراعی ساری
Table 2- Richness, diversity and evenness indices of phytoseiid mites on forest, orchard and farm plants

شاخص Index	گیاهان جنگلی Forest plants	گیاهان باغی Orchard plants	گیاهان زراعی Field crops	میانگین کل Total mean
غنا مارگالف Margalef's richness	2.089 ^a	1.208 ^b	1.672 ^{ab}	1.656
تنوع سیمپسون Simpson's diversity	0.671 ^b	0.667 ^b	0.731 ^a	0.690
تنوع شانون - وینر Shannon-Weiner's D.	1.632 ^a	1.332 ^b	1.673 ^a	1.546
یکنواختی پیلو Pielou's evenness	0.618 ^a	0.536 ^b	0.673 ^a	0.525

جدول 3- شماره و نام گیاهان میزبانی که کنه‌های شکارگر از روی آن‌ها جمع آوری شده است.
Table 3- The number and host plants that predaceous mites were collected on them

شماره No.	گونه گیاه Plant species	تیره گیاه Plant family	شماره No.	گونه گیاه Plant species	تیره گیاه Plant family
1	آزاد <i>Zelkova carpinifolia</i>	نارون Ulmaceae	41	زردآلو <i>Armenica vulgaris</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
2	آلوچه <i>Prunus spinosa</i>	گل‌سرخیان Rosaceae	42	زیتون تلخ <i>Melia azedarach</i>	سنجد تلخ Meliaceae
3	آق‌طی <i>Sambucus ebulus</i>	پیچ امین الدوله Caprifoliaceae	43	سرخس <i>Pteridium aquilinum</i>	پر سرخسیان Pteridaceae
4	اسپی‌ره <i>Spiraea crenata</i>	گل‌سرخیان Rosaceae	44	ای سرو نقره <i>Cupressus arizonica</i>	سرو Cupressaceae
5	ازملک <i>Smilax excels</i>	لاله Liliaceae	45	سفید پلت <i>Populus caspica</i>	بید Salicaceae
6	ازگیل <i>Mespilus germanica</i>	گل‌سرخیان Rosaceae	46	سورگوم <i>Sorghum bicolor</i>	گندمیان Gramineae
7	ازگیل ژاپنی <i>Eriobotrya japonica</i>	گل‌سرخیان Rosaceae	47	سیب <i>Malus communis</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
8	ارغوان <i>Cercis siliquastrum</i> L.	ارغوان Caesalpinaceae	48	ال سیاه <i>Cornus australis</i>	ذغال اخته Cornaceae

9	افرا پلت <i>Acer plantanoides</i>	افرا Aceraceae	49	شاه توت <i>Morus nigra</i>	توت Moraceae
10	افرا فرنگی <i>Acer velutinum</i>	افرا Aceraceae	50	شبدر <i>Trifolium resupinatum</i>	پروانه آسایان Papilionaceae
11	اقاقیا <i>Robinia pseudoacacia</i>	پروانه آسایان Papilionaceae	51	شمشاد جنگلی <i>Buxus hyrcana</i>	شمشاد Buxaceae
12	اناریجه <i>Eryngium caucasicum</i>	چتریان Umbelliferae	52	شلیل <i>Persica nucipersica</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
13	انار <i>Punica granatum</i>	انار Punicaceae	53	شیشه شور <i>Callistemon citrinus</i>	مورد Myrtaceae
14	انجیر <i>Ficus carica</i> L.	توت Moraceae	54	صنوبر <i>Populus alba</i>	بید Salicaceae
15	انجیلی <i>Parrotia persica</i>	انجیلی Hamamelidaceae	55	عشق <i>Hedera helix</i>	عشق Araliaceae
16	بناغ <i>Viburnum opulus</i>	پیچ امین الدوله Caprifoliaceae	56	عناّب <i>Ziziphus jujube</i>	عناّب Rhamnaceae
17	برگنو <i>Ligustrum ovalifolium</i>	زیتون Oleaceae	57	کاج <i>Pinus eldarica</i>	کاج Pinaceae
18	برنج <i>Oryza sativa</i>	گندمیان Gramineae	58	کنجد <i>Sesamum indicum</i>	کنجد Pedaliaceae
19	بلوط <i>Quercus brantii</i>	بلوط Fagaceae	59	کونیزا <i>Conyza bonariensis</i>	کاسنی Compositae
20	به <i>Cydonia oblonga</i>	گل‌سرخیان Rosaceae	60	گردو <i>Juglans regia</i>	گردو Juglandaceae
21	بید <i>Salix babylonica</i>	بید Salicaceae	61	گزنه <i>Urtica dioica</i>	گزنه Urticaceae
22	پرتقال <i>Citrus sinensis</i>	مرکبات Rutaceae	62	وحشی گاوزبان <i>Anchusa italica</i>	گل گاوزبان Boraginaceae
23	پیچ اناری <i>Tecoma radicans</i>	بگونیا Begoniaceae	63	گل رز <i>Rosa sp.</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
24	پنبه <i>Gossypium herbaceum</i>	ختمی Malvaceae	64	گل ماهور <i>Verbascum sp.</i>	گل میمونی Scrophulariaceae
25	پونه <i>Mentha longifolia</i>	نعناعیان Labiatae	65	گل محمدی <i>Rosa damascena</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
26	تاج خروس <i>Amaranthus retroflexus</i>	تاج خروس Amaranthaceae	66	گل‌ابی <i>Pyrus communis</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
27	تریچه <i>Raphanus sativus</i>	چلیپائی‌ان Cruciferae	67	گوجه <i>Prunus domestica</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
28	ترشک <i>Rumex acetosella</i>	علف هفت بند Polygonaceae	68	گیلاس <i>Prunus cerasus</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
29	تمشک <i>Rubus fruticosus</i>	گل‌سرخیان Rosaceae	69	لمون <i>Citrus limon</i>	مرکبات Rutaceae
30	توت سفید <i>Morus alba</i>	توت Moraceae	70	لوبیا <i>Phaseolus vulgaris</i>	پروانه آسایان Papilionaceae
31	توسکا <i>Alnus glutinosa</i>	توسکا Betulaceae	71	ممرز <i>Carpinus betulus</i>	فندقیان Corylaceae
32	چنار <i>Platanus orientalis</i>	چنار Platanaceae	72	مو <i>Vitis vinifera</i>	انگور Vitaceae

33	خرمالو <i>Diospyros kaki</i> L.	خرمندی Ebenaceae	73	نارنج <i>Citrus aurantium</i>	مرکبات Rutaceae
34	خرمندی <i>Diospyros lotus</i>	خرمندی Ebenaceae	74	نارنگی <i>Citrus reticulata</i>	مرکبات Rutaceae
35	خرنوب <i>Ceratonia siliqua</i>	ارغوان Caesalpinaceae	75	نارون <i>Ulmus campestris</i>	نارون Ulmaceae
36	خیار <i>Artemisia annua</i>	کدو Cucurbitaceae	76	نمدار <i>Tilia platyphyllos</i>	نمداران Tiliaceae
37	داغداغان <i>Celtis australis</i>	نارون Ulmaceae	77	نعنا <i>Mentha piperita</i>	نعناعیان Labiatae
38	درمنه <i>Artemisia annua</i>	کاسنی Compositae	78	ولیک <i>Crataegus</i> sp	گل‌سرخیان Rosaceae
39	دم اسب <i>Celtis australis</i>	دم اسب Equisetaceae	79	هلو <i>Persica vulgaris</i>	گل‌سرخیان Rosaceae
40	زبان گنجشک <i>Fraxinus excelsior</i>	زیتون Oleaceae	80	یاسمن زرد <i>Jasminum fruticans</i>	زیتون Oleaceae

نتیجه‌گیری

علی‌رغم آن‌که تعداد به نسبت زیادی از گونه‌های کنه‌های شکارگر خانواده فیتوزئیده در این بررسی از شهرستان ساری جمع‌آوری شد، بیش از نیمی از آن‌ها به گونه *T. caspiensis* T. تعلق داشت. به طور کلی بیش از 76 درصد اسلایدهای تهیه شده متعلق به سه گونه *T. caspiensis*، *E. amissibilis* و *P. plumifer* بود که بیانگر عدم توزیع یکنواخت گونه‌ها و عدم وجود تنوع گونه‌ای در بین کنه‌های این خانواده در منطقه مورد مطالعه است. این موضوع خلاف انتظار ما از وجود تنوع بسیار بالای کنه‌های شکارگر در شرایط آب و هوایی گرم و مرطوب شمال کشور است. ولی هنوز انتظار می‌رود با نمونه برداری‌های بیشتر از دیگر گیاهان و خصوصاً در محیط‌های بکر

جنگل بتوان به گونه‌های جدید و توزیع یکنواخت بیشتری دست یافت.

سپاسگزاری

این مطالعه بخشی از پایان‌نامه نگارنده اول بوده که با حمایت مالی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شده است. بدینوسیله از مسئولین محترم دانشگاه و همچنین آقایان دکتر اوکرمان از موسسه تحقیقات گیاهپزشکی پرتوریا (آفریقای جنوبی) برای تأیید و یا تشخیص کنه‌ها و همکاران دکتر حسن زالی برای تشخیص بعضی از نمونه‌های گیاهی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- 1- Asali Fayaz, B., Khanjani, M., Hajizadeh, J., and Ueckermann, E.A. 2009. A redescription of *Typhlodromus* (Anthoseius) *tamaricis* (Mesostigmata: Phytoseiidae), A first record for Iran. *Acarologia* 52(4): 425-431.
- 2- Burely, J. 2002. Forest biological diversity: An overview. *Unasylva* 209: 3-9.
- 3- Castro, T.M.M.G.De., and Moraes, G.J.De. 2007. Mite diversity on plants of different families found in the Brazilian atlantic forest. *Neotropical Entomology* 36: 774-782.
- 4- Castro, T.M.M.G.De., and Moraes, G.J.De. 2010. Diversity of phytoseiid mites (Acari: Mesostigmata: Phytoseiidae) in the Atlantic forest of São Paulo. *Systematics and Biodiversity* 8(2): 301-307.
- 5- Chant, D.D., and McMurtry, J.A. 2007. Illustrated Keys and Diagnosis for the Genera and Subgenera of the Phytoseiidae of the World (Acari: Mesostigmata). Indira Publishing House, West Bloomfield 220 pp.
- 6- Clark, S., Szlavecz, K., Cavigelli, M.A., and Purrington, F. 2006. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in organic, no-till, and chisel-till cropping systems in Maryland. *Environmental Entomology* 35(5): 1304-1312.
- 7- Collins, K.L., Boatman, N.D., Wilcox, A., and Holland, J.M. 2003. Effects of different grass treatments used to create overwintering habitat for predatory arthropods on arable farmland. *Agriculture, Ecosystems and*

- Environment 96: 59-67.
- 8- Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. 2nd Ed. Benjamin-Cummings Publication. New York 620 pp.
 - 9- Daneshvar, H. 1980. Some predator mites from northern and western Iran. Entomologie et Phytopathologie Appliquees 48(15-17): 87-96. (In Persian with English Summary)
 - 10- Daneshvar, H. 1987. Some predatory mites from Iran, with descriptions of one new genus and six new species (Acari: Phytoseiidae, Ascidae). Entomologie et Phytopathologie Appliquees 54(1-2): 13-37 (In English) 55-73 (In Persian with English Summary)
 - 11- Daneshvar, H. 1990. Studies on the morphology and bionomics of *Typhlodromips caspiensis* (Acari: Phytoseiidae) in North Iran. Applied Entomology and Phytopathology 57: 21-34. (In Persian with English Summary)
 - 12- Daneshvar, H., and Denmark, H.A. 1982. Phytoseiids of Iran (Acarina: Phytoseiidae). International Journal of Acarology 8: 3-14.
 - 13- Ejtehadi, H., Sepehri, A., and Akkafi, H. 2009. Methods of Biodiversity Measurement. Publication of Ferdowsi University of Mashhad 226 pp. (In Persian)
 - 14- Faraji, F., Hajizadeh, J., Ueckermann, E.A., Kamali, K., and McMurtry, J.A. 2007. Two new records for Iranian phytoseiid mites with synonymy and keys to the species of *Typhloseiulus* Chant and McMurtry and Phytoseiidae in Iran (Acari: Mesostigmata). International Journal of Acarology 33(3): 231-239.
 - 15- Gerson, U., Smiley, R.L., and Ochoa, R. 2003. Mites (Acari) for pest control. Blackwell Science, UK 560 pp.
 - 16- Hajizadeh, J. 2006a. Introducing a part of the phytoseiid (Acari: Phytoseiidae) fauna of Guilan Province, part I: Subfamily Typhlodrominae Scheuten. Agricultural Research 6: 48-63. (In Persian with English Summary)
 - 17- Hajizadeh, J. 2006b. Phytoseiid mites fauna of Guilan province, part II: Subfamilies *Amblyseiinae* muma and *Phytoseiinae* Berlese (Acari: Phytoseiidae). Agricultural Research 7(1): 7-25 (In Persian with English Summary)
 - 18- Hajizadeh, J., Faraji, F., and Rafati Fard, M. 2009. Predatory mite of Phytoseiidae of Iran. Guilan University Press 242 pp. (In Persian with English Summary)
 - 19- Hajizadeh, J., Hosseini, R., and McMurtry, J.A. 2002. Phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) associated with eriophyid mites (Acari: Eriophyidae) in Guilan province of Iran. International Journal of Acarology 28: 373-378.
 - 20- Hanson, W.J. 1968. The Immature Stages of the Subfamily Phlebotominae in Panama (Diptera: Psychodidae). PhD dissertation, University of Kansas 162 pp.
 - 21- Kamali, K., Ostovan, H., and Atamehr, A. 2001. A Catalogue of Mites and Ticks (Acari) of Iran. University of Islamic Azad Scientific Publication Center 192 pp. (In Persian)
 - 22- Khalil Manesh, B. 1973. Phytophagous mite fauna of Iran. Entomologie et Phytopathologie Appliquees 35: 30-38. (In Persian with English Summary)
 - 23- McMurtry, J.A. 1977. Description and biology of *Typhlodromus persianus*, n. sp., from Iran, with notes on *T. kettanehi* (Acari: Phytoseiidae). Annals of the Entomological Society of America 70: 563-568.
 - 24- McMurtry, J.A., and Croft, B.A. 1997. Life-styles of phytoseiid mites and their roles in biological control. Annual Review of Entomology 42: 291-321.
 - 25- Moghadam, M. 2003. Ecology of Terrestrial Plants. Publication of Tehran University 701 pp. (In Persian)
 - 26- Monetti, L.N., and Fernandez, N.A. 1995. Seasonal population dynamics of the European red mite (*Panonychus ulmi*) and its predator *Neoseiulus californicus* in a sprayed apple orchard in Argentina (Acari: Tetranychidae: Phytoseiidae). Acarologia 36: 325-331.
 - 27- Moraes, G.J., McMurtry, J.A., Denmark, H.A., and Campos, C.B. 2004. A revised catalog of the mite family Phytoseiidae. Zootaxa 434: 1-494.
 - 28- Mozaffarian, V. 1999. A Dictionary of Iranian Plant Names. *Farhang Moaser*, Tehran 671pp. (In Persian)
 - 29- Muma, M.H. 1961. The influence of cover crop cultivation on population of injurious insect and mites in Florida citrus groves. Florida Entomologist 44: 61-68.
 - 30- Navntoft, S., Esbjerg, P., and Riedel, W. 2006. Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat. Agricultural and Forest Entomology 8(1): 57-62.
 - 31- Nohara, K., Nakao, S., and Nagatomi, A. 2000. A study of relationship between pesticide treatment and the fauna in citrus groves on Nagashima Island, Kagoshima Prefecture. Journal of Applied Entomology and Zoology 35(2): 271-281.
 - 32- Ostovan, H., Faraji, F., Kamyab, F., and Khadempour, F. 2012. Notes on *Neoseiulus paspalivorus* (De Leon) and *Proprioseiopsis messor* (Wainstein) (Acari: Phytoseiidae) collected in Iran. Acarologia 52(1): 51-58.

- 33- Papaioannou Souliotis, P., Markoyiannaki Printziou, D., and Zeginis, G. 2000. Observation on acarofauna in four apple orchards of Central Greece. II. Green cover and hedges as potential sources of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia* 41(4): 411-427.
- 34- Rafati Fard, M., Hajizadeh, J., and Arbabi, M. 2004. Biology of predatory mite, *Typhlodromips caspiensis* Denmark and Daneshvar (Acari: Phytoseiidae) feeding on two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) in laboratory conditions. *Journal of Agricultural Sciences* 1(1): 61-67. (In Persian with English Summary)
- 35- Sepasgozarian, H. 1977. The 20 years research of acarology in Iran. *Journal of Iranian Society of Engineers* 56: 40-50. (In Persian)
- 36- Ueckermann, E.A., Jalaeian, M., Saboori, A., and Seyedoslam, H. 2009. Re-description *Typhlodromus* (Anthoseius) *khosrovensis* Arutunjan, first record for Iran (Acari: Phytoseiidae). *Acarologia* 49(1-2): 23-27.



Species diversity of phytoseiid mites on different ecosystems in Sari district

J. Omid¹, A. Hadizadeh^{2*} and M. Mohammadi Sharif²

Submitted: 23-11-2013

Accepted: 11-07-2015

Omid, J., Hadizadeh, A., and Mohammadi Sharif, M. 2016. Species diversity of phytoseiid mites on different ecosystems in Sari district. Journal of Agroecology 7(4): 461-472.

Introduction

Mites of the Phytoseiidae family have been extensively studied as biological control agents of different mites and insect pests. Some species also feed on nematodes, fungal spores, pollen and exudates from plants and insects. About 2,300 phytoseiid species belonging to 90 genera have been described in this family (Chant and McMurtry 2007). Considerable efforts have been made in recent years to the collection and identification of the predaceous phytoseiid mites in Iran (Rahmani *et al.* 2010). Despite some studies on phytoseiid mites in Iran, our knowledge remains limited about their fauna and diversity in Mazandaran province. The data of these studies showed that until recently, only 75 species were reported from Iran. The objective of this study was to evaluate the species diversity of Phytoseiidae and access to effective predatory mites for biological control of injurious mite pests in Sari, the center of Mazandaran province (Southern coast of the Caspian Sea, 35 ° 47'-36 ° 35' N, 50 ° 34'-54 ° 10' E)

Materials and methods

Samples were taken from 80 plant species belonging to 46 plant families including forest trees, orchards and farm crops representing three types of ecosystems from September 2011 to October 2012. Harvested samples of each plant were separately collected in plastic bags and labeled with region and date of collection. The bags were transported to the laboratory on the same day and stored in a refrigerator at about 4°C for up to a week, until the materials washed for mite extraction. Samples were composed of leaves, stems and shoots of different ages and the number of leaves per sample varied between plant species. In order to assimilate the samples, a volume nearly equal mass of each sample were put in a two-liter water container. The mites were floated on water by adding 1.5 liters of tap water and a few droplets of detergent. The plant leaves and shoots were shaken for several times until the mites fall from the plants into water. Plant materials then removed from the solution and discarded. Mites in the solution were separated by pouring the solution through sieves of 20, 50, 200 and 400 meshes. Mites transferred into a labeled glass jar for further processing and identification in the laboratory. The mites were cleared in Nesbitt's fluid and mounted in Hoyer's medium on microscope slides. The slides were dried at 45 °C for 1-2 weeks. Then the edge of the coverslip was sealed with colorless nail polish to prevent absorption of the air moisture. All specimens collected were nominally identified to species level by using a Nikon phase contrast microscope (E600) and related identification keys.

The scientific names of the plants were adapted from a dictionary of Iranian plant names (Mozaffarian 1998). The ecological indices including Margalef's richness, Simpson, Shannon-Wiener and Pielou's evenness were calculated for species diversity, dominance, richness and evenness of the mites in different ecosystems. Some mite specimens were sent to Dr. E.A. Ueckermann of the ARC-Plant Protection Research Institute, Pretoria, South Africa for identification or species confirmation.

Results and discussion

A total number of 946 mites of 19 species belonging to 8 genera of three phytoseiid subfamilies namely Amblyseiinae, Typhlodrominae and Phytoseiinae were identified (Table 1). Most individual mites collected in this study, 698 mites in total (73%), belonged to 12 species of the Amblyseiinae which 68% of them (475 in total) were *Transeius caspiensis* and 13% (90 mites in total) were *Euseius amissibilis*. *Phytoseius plumifer*, the single species of the Phytoseiinae and the species of Typhlodrominae amounted to 16% (152 in total) and 10% (96 in totals) of the collected mites, respectively. In this study Amblyseiinae also had the highest proportion of

1 and 2- MSc student of Agricultural Entomology and Assistant professor, Department of plant protection, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: arhadizadeh@gmail.com)

species (63%), while Typhlodrominae and Phytoseiinae had 31% and 5% of the species, respectively. Most phytoseiids collected in this study were mentioned above species that formed 76% (a total of 717) of the whole collected mites. These species were the most frequently found predators on varieties of plants. They were found on plants associated with tetranychid, tenuipalpid and eriophyid mites and small insect pests such as thrips and whiteflies. They were very common and were examined from 80 plant species, they observed on 59, 22 and 26 plants, respectively. It was interesting to observe these predators on some plants that there were not phytophagous mites. Therefore these species are generalist predators and are known to feed on pollen and exudates of plants and insects. Overall, mean mite's biodiversity indices of Margalef's richness, Simpson, Shannon-Wiener and Pielou's evenness were 1.656, 0.69, 1.546 and 0.525, respectively. Actually, when a community has many about equally abundant species, it is said to have high species diversity. But when a few species are present or like this study only a few species are abundant, then species diversity is low. The low Shannon-Wiener and Pielou's evenness indices also showed relatively low biodiversity in the area.

Conclusion

Despite that 19 phytoseiids species were found in Sari, the present study revealed a low diversity of phytoseiid mites in this region. Most phytoseiids collected in this area belonged to *Transeius caspiensis*, *Euseius amissibilis* and *Phytoseius plumifer* (a total of 717) species. However, it was expected that many additional species could be found by similar studies in the same area, especially when other plant species were sampled. The diversity of plants in the forest, orchards and farm crops were far greater than the number of plant species sampled in this study.

Acknowledgments

This paper is a part of MSc thesis of the senior author which was financially supported by Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran. Also thanks are extended to Dr. E. A. Ueckermann (Plant Protection Institute, Pretoria, South Africa who helped with the confirmation and identification of mite specimens. We also thank our colleague Dr. H. Zali for identification of some plant species.

Keywords: Biodiversity indices, Biological control, Mazandaran province, Phytoseiidae

References

- Chant, D.A., McMurtry, J.A. 2007. Illustrated keys and diagnoses for the genera and subgenera of the Phytoseiidae of the world (Acari: Mesostigmata). Indira Publishing House, Pub Michigan p. 220.
- Mozaffarian, V. 1998. A dictionary of Iranian plant names, Latin, English, Persian. Farhng Moaaser publication, Tehran, Iran 671 pp.
- Rahmani, H., Kamali, K. and Faraji, F. 2010. Predatory mite fauna of phytoseiid of northwest Iran (Acari: Mesostigmata). Turkish Journal Zoology 34: 497-508.

بررسی اثر فاصله ردیف و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) از طریق شاخص‌های رقابتی

مهدیه رجایی^{1*}، مهدی دهمرده²، عیسی خمیری³ و سید محسن موسوی نیک⁴

تاریخ دریافت: 1392/11/29

تاریخ پذیرش: 1393/06/04

رجایی، م.، دهمرده، م.، خمیری، ع.، و موسوی نیک، س.م. 1394. بررسی اثر فاصله ردیف و کنترل علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) از طریق شاخص‌های رقابتی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 473-484.

چکیده

به منظور بررسی اثر فاصله ردیف و وجین علف‌های هرز و نسبت‌های مختلف کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) آزمایشی در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در سال 1391 اجرا شد. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گرفت. فاکتورهای آزمایشی شامل نسبت کاشت در چهار سطح (ذرت خالص، 50 درصد ذرت + 50 درصد بادام‌زمینی، 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام‌زمینی و بادام‌زمینی خالص)، وجین علف‌هرز در سه سطح (بدون وجین، یک‌بار وجین و دو بار وجین) و فواصل بین ردیف‌ها با دو سطح (40 و 50 سانتی‌متر) در نظر گرفته شد. برای تعیین تیمار برتر کشت مخلوط، شاخص‌های ارزیابی مانند ضریب نسبی تراکم، شاخص رقابت، غالبیت و نسبت برابری زمین محاسبه شدند. نتایج نشان داد که فاصله بین ردیف و وجین علف‌های هرز و نسبت‌های کشت بر شاخص‌های ارزیابی شده تأثیر معنی‌داری داشتند. بیشترین مقدار شاخص نسبت برابری زمین (LER) مربوط به ترکیب تیماری صد درصد ذرت + صد درصد بادام‌زمینی به میزان (1/04) بود. علاوه بر این ضریب نسبی تراکم (K) مشخص نمود که بیشترین مقدار این شاخص در بادام‌زمینی، ترکیب تیماری عدم وجین با فاصله ردیف کمتر به میزان 7/41 و کمترین مقدار این شاخص در ذرت ترکیب تیماری یک‌بار وجین با فاصله ردیف بیشتر به میزان 0/4 تعلق داشت. شاخص تعادل رقابتی ذرت روی بادام‌زمینی در کلیه ترکیبات تیماری کوچک‌تر از یک بود و بنابراین بادام‌زمینی نسبت به ذرت از لحاظ رقابتی برتری داشته است. بر اساس این معیار تیمار مربوط به تراکم کمتر و دو بار وجین دارای بیشترین غالبیت بود. مقدار شاخص غالبیت برای ذرت در کلیه تیمارها منفی بود اما با افزایش تراکم در این گونه، شدت رقابت آن افزایش یافت. بنابراین، در کلیه شاخص‌ها بادام‌زمینی گونه غالب بود و علت این امر را می‌توان به استفاده بهتر از منابع و کنترل علف‌های هرز در این گیاه نسبت داد.

واژه‌های کلیدی: شاخص ازدحام نسبی، رقابت، غالبیت، نسبت برابری زمین

مقدمه

گیاهان زراعی به منظور پاسخ به این تقاضای روز افزون منابع غذایی ضروری می‌باشد. این امر منجر به ایجاد فشار بر منابع طبیعی گردیده و پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کند بنابراین، نیاز به طراحی و اجرای سیستم‌های برخورداری از پایداری و عملکرد بالا به تدریج افزایش می‌یابد (Samarajeewa et al., 2006). در مجموع کشت مخلوط یکی از راه‌های رسیدن به کشاورزی پایدار است که عملکرد بیشتر بدون افزایش نهاده‌های کشاورزی، کنترل طبیعی علف‌های هرز، ایجاد میکروکلیمای مناسب و کاهش خطر آفات و بیماری‌ها

افزایش جمعیت جهان و تخریب منابع طبیعی و به دنبال آن نیاز مبرم به افزایش تولیدات غذایی از مشکلات اساسی دنیای امروز به شمار می‌رود (Liebman & Davis, 2000). افزایش عملکرد

1، 2 و 3 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*) - نویسنده مسئول: (Email: mahdieh.rajaei@gmail.com)

از جمله مزایایی هستند که پایداری کشت مخلوط را تأیید می‌کنند (Maingi et al., 2001). کشت مخلوط از تولید دو یا چند محصول به طور همزمان در یک قطعه زمین شکل می‌گیرد. داو و همکاران (Dawo et al., 2007) از میان سیستم‌های کشت متفاوت، کشت مخلوط غلات با لگوم‌ها امروزه به طور وسیعی در مناطق مختلف جهان گسترش یافته است. کاروترز و همکاران (Carruthers et al., 2000) این نوع زراعت اغلب به طور وسیع در کشورهایی به اجرا در آمده است که زمین‌های قابل کشت کمی دارند. نتیجه این نوع کشت تا درجه زیادی به منابع قابل دسترس، شرایط تأثیرگذار بر فنولوژی و رشد در تمام گونه‌ها وابسته است (Mushagalusa et al., 2008). برتری عملکرد نسبت به تک‌کشتی مهم‌ترین توجیه برای رویکرد به کشت مخلوط است که از طریق افزایش جذب و بهره‌وری بیشتر عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود در خاک توضیح داده می‌شود (Banik et al., 2006; Poggio, 2005). به طور کلی بررسی عملکرد در سیستم‌های کشت مخلوط در گرو انتخاب گیاهان سازگار و واجد صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت و حداکثر همپاری و به کارگیری عملیات زراعی مناسب (از جمله تراکم کاشت و نسبت اختلاط) می‌باشد (Mutungamiri et al., 2001; Nachigera et al., 2008). کشت مخلوط از طریق افزایش پوشش زمین، افزایش رقابت، سرعت رشد اولیه بیشتر و سایه‌اندازی و القای خواب ثانوی در بذر علف‌های هرز، به نحو بارزی میزان هجوم علف‌های هرز را کاهش می‌دهد (Schippers & Kropff, 2001). چون تحمل رقابت بادام‌زمینی در برابر غلات زیاد است با سورگوم (*Sorghum vulgare* L.)، ارزن (*Panicum miliaceum* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) به صورت مخلوط کشت می‌شود (Li et al., 1999; Zua et al., 2000). در بررسی کشت مخلوط نواری ذرت و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)، نتایج نشان می‌دهد که در شرایط کشت مخلوط، نیچ گیاهان توسط یکدیگر تکمیل شده و فضاهای خالی کمتر جهت علف‌های هرز باقی می‌ماند (Koochaki et al., 2010). استفاده از گونه‌های گیاهی با خصوصیات مورفولوژیکی متفاوت (از لحاظ جذب مواد غذایی و بهره‌برداری از محیط رشد) که کمترین رقابت را در یک آشیانه اکولوژیکی ثابت چه از نظر عوامل محیطی و چه از نظر زمان با هم داشته باشند به دلیل کاهش رقابت بین‌گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای موجب می‌شود تا دو گیاه در آشیان اکولوژیکی یکسان، رقابتی نداشته و از منابع نیز به نحو بهتری استفاده می‌کنند (Banik et al., 2008; Mushagalusa et al., 2006; al., 2006). توانایی رقابت گونه‌ها در کشت مخلوط اغلب با برآورد شاخص‌های تراکم نسبی و غالبیت تعیین و گونه غالب مشخص می‌گردد (Dhima et al., 2007; Willey, 1979). یکی دیگر از شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط نسبت رقابتی می‌باشد، این شاخص توانایی رقابت را برای گیاهان زراعی به شکل بهتری بیان می‌کند (Dhima et al., 2007). مطابق یافته‌های دریایی و همکاران (Daryayi et al., 2008) جو (*Hordeum vulgare* L.) در کلیه ترکیب‌های تیماری مخلوط با نخود سیاه (*Cicer arietinum* L.) گونه غالب بوده است به طوری که با افزایش سهم جو عملکرد نخود در مخلوط کاهش یافته است. هدف از این تحقیق بررسی رقابت میان دو گونه ذرت و بادام‌زمینی و تعیین بهترین تعداد بوته در واحد سطح و اثر کنترل علف‌های هرز برای استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت در مخلوط بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) در سال زراعی 91-1390 انجام گرفت. محل اجرای آزمایش در 61 درجه و 41 دقیقه طول شرقی و 30 درجه و 54 دقیقه عرض شمالی با ارتفاع 483 متر از سطح دریا واقع شده بود. خاک محل آزمایش شنی لومی با $pH=7/7$ و $EC=1/8$ میلی‌موس بر سانتی‌متر و درصد نیتروژن 0/048 بود. بر اساس طبقه‌بندی کوپن آب و هوای منطقه در اقلیم خشک و بسیار گرم با میانگین بارندگی سالانه 49 میلی‌متر قرار دارد. آزمایش به صورت فاکتوریل $2 \times 3 \times 4$ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. عامل اول شامل نسبت‌های مختلف کشت در چهار سطح (z: تک‌کشتی ذرت، p: تک‌کشتی بادام-زمینی، M_1 : 50 درصد ذرت + 50 درصد بادام‌زمینی، M_2 : 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام‌زمینی)، عامل دوم وجین علف‌های هرز در سه سطح (W_0 : بدون وجین، W_1 : یک‌بار وجین، W_2 : دو بار وجین) و عامل سوم فواصل بین ردیف‌ها در دو سطح (D_1 : 40 سانتی‌متر و D_2 : 50 سانتی‌متر) بود. کشت بادام‌زمینی (رقم گلی) و ذرت (سینگل کراس 704) مطابق دستورالعمل‌های به زراعی جمعاً در 72 کرت انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت که که دو خط آن به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد به طول شش متر با فاصله ردیف‌های ذکر شده و بین دو کرت دو ردیف به صورت نکاشت رها شد. تمامی

عملکرد بادام‌زمینی در کشت مخلوط به تک‌کشتی بادام‌زمینی (LER) جزئی بادام‌زمینی) می‌باشد.

2- شاخص غالبیت

$$A_{pe} = \frac{Y_{ip}}{Y_{sp} \times F_p} - \frac{Y_{ic}}{Y_{sc} \times F_c} \quad \text{معادله (2)}$$

$$A_{cp} = \frac{Y_{ic}}{Y_{sc} \times F_c} - \frac{Y_{ip}}{Y_{sp} \times F_p} \quad \text{معادله (3)}$$

که در این معادله‌ها، A_{pe} و A_{cp} : به ترتیب شاخص غالبیت ذرت و بادام‌زمینی، Y_{ip} و Y_{ic} : عملکرد ذرت و بادام‌زمینی در مخلوط، Y_{sp} و Y_{sc} : عملکرد ذرت و بادام‌زمینی در خالص، F_p و F_c : نسبت سطح اشغال شده توسط ذرت و بادام‌زمینی می‌باشند.

3- شاخص ازدحام نسبی

به منظور بررسی و مقایسه توانایی رقابت نسبی یک گونه با گونه‌های دیگر در کشت مخلوط از ضریب نسبی تراکم استفاده گردید (De wit, 1960). بر همین اساس رابطه زیر جهت محاسبه آن ارائه گردید (Li et al., 2001; Wahla et al., 2009):

$$K_p = \frac{Y_{ip} \times F_c}{(Y_{sp} - Y_{ip}) \times F_p} \quad \text{معادله (4)}$$

$$K_c = \frac{Y_{ic} \times F_p}{(Y_{sc} - Y_{ic}) \times F_c} \quad \text{معادله (5)}$$

که در آن، K_p و K_c : به ترتیب ضریب نسبی تراکم ذرت و بادام‌زمینی، Y_{ip} و Y_{ic} : به ترتیب عملکرد ذرت و بادام‌زمینی در مخلوط، Y_{sp} و Y_{sc} : به ترتیب عملکرد ذرت و بادام‌زمینی در خالص و F_c و F_p : به ترتیب نسبت سطح اشغال شده توسط ذرت و بادام‌زمینی.

4- شاخص رقابت

نسبت رقابتی توسط معادله زیر محاسبه شد (Bhatti et al., 2006; Wahla et al., 2009):

$$CR_{p/c} = \frac{Y_{ip}/(Y_{sp} \times F_p)}{Y_{ic}/(Y_{sc} \times F_c)} \quad \text{معادله (6)}$$

که در آن، Y_{ip} : عملکرد بادام‌زمینی در مخلوط، Y_{sp} : عملکرد بادام‌زمینی در خالص، F_p : نسبت سطح اشغال شده بادام‌زمینی، Y_{ic} : عملکرد ذرت در مخلوط، Y_{sc} : عملکرد ذرت در خالص، F_c : نسبت

تیمارهای کشت مخلوط به صورت یک ردیف بادام‌زمینی و یک ردیف ذرت کشت شدند. در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی نسبت‌های کاشت با تغییر تراکم بوته (تغییر فاصله دو بوته روی ردیف) و فاصله متغیر بین دو ردیف (40 و 50 سانتی‌متر) اجرا شد، در سیستم کشت خالص و مخلوط جایگزینی فاصله بین بوته‌ها برای دو گیاه یکسان بود، اما در مخلوط جایگزینی یک ردیف ذرت و یک ردیف بادام‌زمینی کاشته شد و تعداد 30 بوته ذرت و 40 بوته بادام‌زمینی در واحد سطح روی هر ردیف وجود داشت. در مخلوط افزایشی فاصله بین بوته‌ها روی ردیف کاهش یافت و با توجه به فواصل متغیر بین ردیف‌ها تعداد بوته در واحد سطح افزایش یافت و تعداد 60 بوته ذرت و 80 بوته بادام‌زمینی در واحد سطح روی هر ردیف وجود داشت. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خاک قبل از کشت مقادیر 350 کیلوگرم اوره، 300 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و 100 کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم برای کشت خالص و مخلوط ذرت و مقادیر 50-50-50 کیلوگرم در هکتار نیتروژن، فسفر و پتاسیم از منابع ذکر شده برای کشت خالص بادام‌زمینی بود. کود سرک در دو مرحله یک‌بار 22 روز پس از کاشت و مابقی قبل از گل‌دهی اضافه شد. زمین آزمایش در پاییز شخم عمیق زده شد. در اوایل اسفند برای خرد کردن کلوخه‌ها دو بار دیسک عمود بر هم اعمال شد سپس با استفاده از دستگاه لولر تسطیح و توسط فاروئر جوی و پشته ایجاد شد. عملیات کاشت هر دو گیاه به صورت هیرم‌کاری در اوایل فروردین انجام شد. آبیاری بر اساس نیاز گیاه در زمان‌های مختلف صورت گرفت. عملیات داشت شامل آبیاری، واکاری، مبارزه با علف‌های هرز و تنک کردن در طول دوره رشد انجام گرفت. جهت محاسبه عملکرد نهایی، پس از حذف دو خط حاشیه و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت برداشت انجام و عملکرد اقتصادی محاسبه شد. در این تحقیق برای محاسبه سودمندی کشت مخلوط و رقابت میان دو گونه از چند شاخص به شرح زیر استفاده شد:

نسبت برابری زمین

این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Vandermeer, 1992; Li et al., 1999; Fetene, 2003):

$$LER = Y_{ca}/Y_{cc} + Y_{pa}/Y_{pp} \quad \text{معادله (1)}$$

که در این معادله، Y_{ca}/Y_{cc} : نسبت عملکرد ذرت در کشت مخلوط به تک‌کشتی ذرت (LER جزئی ذرت) و Y_{pa}/Y_{pp} : نسبت

سطح اشغال شده بادام‌زمینی. زمانی که در کشت مخلوط $CR_{pc} > 1$ باشد توانایی رقابتی بادام‌زمینی از ذرت بیشتر است.

نتایج و بحث

1- عملکرد اقتصادی

بر اساس جدول 1 عملکرد اقتصادی ذرت و بادام‌زمینی به طور معنی‌داری تحت تأثیر فواصل بین ردیف‌ها قرار گرفت. بیشترین عملکرد برای ذرت ($3/18 \text{ t.ha}^{-1}$) از مخلوط 100٪ ذرت + 100٪ بادام‌زمینی و برای بادام‌زمینی ($9/43 \text{ t.ha}^{-1}$) از مخلوط 50٪ ذرت + 50٪ بادام‌زمینی به دست آمد (جدول 2). این بدان معناست که همجواری دو گیاه لگوم و گراس سبب می‌گردد تا از کشت مخلوط محصول بیشتری نسبت به تک‌کشتی برداشت شود. دلیل آن را می‌توان در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه

بادام‌زمینی و افزایش جذب نور جستجو کرد. در بین تیمارهای وجین بیشترین عملکرد برای بادام‌زمینی ($10/51 \text{ t.ha}^{-1}$) و ذرت ($3/21^1$) در تیمار دو بار وجین حاصل شد. اما تأثیر فواصل بین ردیف‌ها در دو گیاه مشابه نبود به طوری که برای بادام‌زمینی بیشترین عملکرد ($10/01 \text{ t.ha}^{-1}$) در فاصله ردیف کمتر و برای ذرت ($3/53 \text{ t.ha}^{-1}$) در فاصله ردیف بیشتر به دست آمد (جدول 2).

2- شاخص غالبیت

بر اساس جدول 3 شاخص غالبیت تحت تأثیر تیمارهای فواصل بین ردیف‌ها، وجین علف‌های هرز و اثرات متقابل آن‌ها قرار گرفت. با توجه به این که ضریب غالبیت گونه با علامت مثبت بیانگر غالبیت آن گونه در ترکیب مخلوط می‌باشد، بنابراین، بر اساس داده‌های جدول 4 مشخص می‌گردد که بادام‌زمینی با ضریب مثبت جزء غالب و ذرت جزء مغلوب است.

جدول 1- تجزیه واریانس عملکرد اقتصادی در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی
Table 1- Analysis of variance for economic yield in the corn and peanut intercropping

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد اقتصادی Economic yield	
		ذرت Corn	بادام زمینی Peanut
تکرار Replication	2	95.13**	101.92**
سیستم کاشت Planting system	2	0.02 ^{ns}	5.56 ^{ns}
وجین Weeds control	2	0.17 ^{ns}	29.63**
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing	1	8.76**	48.75**
سیستم کاشت × وجین Planting system × weeds control	4	0.09 ^{ns}	7.58 ^{ns}
سیستم کاشت × فواصل بین ردیف‌ها Planting system × density	2	0.65 ^{ns}	4.54 ^{ns}
فواصل بین ردیف‌ها × وجین Weeds control × density	2	0.12 ^{ns}	62.30**
سیستم کاشت × وجین × فواصل بین ردیف‌ها Planting system × weeds control × density	4	0.02 ^{ns}	3.14 ^{ns}
خطا Error	34	0.24	3.30
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	15.78	20.06

^{ns} و * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد
ns, * and **: Non-significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ذرت تیمار یک‌بار وجین با فواصل بین ردیف‌های کمتر (0/37- A_{cp}) به دست آمد. این امر بیان‌گر آن است که بادام‌زمینی رقیب ضعیف‌تری در مقابل علف‌های هرز می‌باشد بنابراین با افزایش وجین قدرت رقابت آن افزایش یافته است. در کشت مخلوط یونجه (*Medicago sativa* L.) و ذرت، یونجه با اشغال نیچ اکولوژی برتر گونه غالب بوده به طوری که در تیمار سه ردیف یونجه + دو ردیف ذرت دارای بیشترین میزان شاخص غالبیت (0/12) بود (Zhang et al., 2011). نتایج حاکی از آن است که نسبت اختلاط 50:50 (1 به 1) برای لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) دانه‌ای نسبت به کشت خالص 19 درصد سودمندی دارد، آن‌ها ضمن برآورد شاخص غالبیت در تیمارهای مخلوط اظهار داشتند که لوبیا چشم بلبلی، به عنوان گونه غالب و از شرایط محیطی به نحو مطلوب تری استفاده کرده است (Zand & Ghaffari Khaliq, 2002). در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) با نخود سبز (*Pisum sativum* L.)، جو گونه غالب بود چرا که رقابت جو با کاربرد نیتروژن بیشتر شد (Hauggard & Nielson & Jensen, 2001).

3- شاخص ازدحام نسبی

این ضریب قدرت رقابت یک گونه را نسبت به گونه دیگر نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که فواصل بین ردیف‌ها، وجین علف‌های هرز و اثر متقابل فواصل بین ردیف‌ها در وجین علف‌های هرز اختلاف بسیار معنی‌داری بر مقدار تراکم نسبی داشتند (جدول 3). در بررسی انجام شده مشخص گردید که در هیچ‌یک از تیمارها ضریب ازدحامی برای گونه‌های مورد بررسی برابر یک نمی‌باشد (جدول 4) که نشان‌دهنده عدم برابری رقابت درون گونه با برون‌گونه‌ای بود. در هر دو گونه حداکثر میزان شاخص در فاصله ردیف کمتر و تیمار عدم وجین به دست آمد در حالی که سهم بادام‌زمینی در افزایش ضریب ازدحامی بیشتر از ذرت بود. در این آزمایش حداکثر ضریب K مربوط به بادام‌زمینی تیمار عدم وجین و فاصله ردیف کمتر ($K_p = 7/41$) بود. در نتیجه سهم بادام‌زمینی در افزایش ضریب ازدحام مخلوط بیش از ذرت بوده است. در همین زمینه گزارش شد با افزایش میزان یونجه در مخلوط میزان شاخص تراکم نسبی افزایش یافته است چرا که استفاده بیشتری از منابع

جدول 2- مقایسه میانگین عملکرد اقتصادی در نسبت‌های مختلف کاشت، فواصل بین ردیف‌ها و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی

Table 2- Means comparison of for economic yield in Row spacing and weedy different levels in the corn and peanut intercropping

سیستم کاشت	عملکرد اقتصادی	
Planting system	Economic yield	
	ذرت Corn	بادام زمینی Peanut
P	-	8.42 ^{a*}
M ₁	3.12 ^a	9.43 ^a
M ₂	3.18 ^a	9.33 ^a
Z	3.10 ^a	-
وجین علف‌های هرز Weeds control		
W ₀	3.16 ^a	8.06 ^b
W ₁	3.02 ^a	8.61 ^b
W ₂	3.21 ^a	10.51 ^a
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing		
D ₁	3.53 ^a	8.11 ^b
D ₂	2.73 ^b	10.01 ^a

P, M₁, M₂, Z: به ترتیب نسبت‌های مختلف کاشت، کشت خالص بادام‌زمینی، 50٪ ذرت + 50٪ بادام‌زمینی، 100٪ ذرت + 100٪ بادام‌زمینی، و کشت خالص ذرت، W₀, W₁, W₂: به ترتیب وجین علف‌های هرز، عدم وجین، یک‌بار وجین، دو بار وجین، D₁, D₂: به ترتیب فواصل بین ردیف‌ها: 40 سانتی‌متر، 50 سانتی‌متر P, M₁, M₂ and Z: Planting ratio, sole crop peanut, 50% corn+50% peanut, 100% corn+100% peanut and sole crop of corn, W₀, W₁ and W₂: Non-weeding, once-weeding and twice-weeding, D₁ and D₂: Row spacing, 40 and 50 cm
* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند.

* Means in each column and for each treatment followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

البته بادام‌زمینی در فواصل بین ردیف‌های کمتر و ذرت در فواصل بین ردیف‌های بیشتر دارای مقدار غالبیت بیشتری بودند. در همین راستا در بررسی کشت مخلوط جو و باقلا گزارش شده است که باقلا با حداکثر ضریب غالبیت (0/54) در تیمار 25 درصد باقلا + 75 درصد جو با تراکم بالا از غالبیت بیشتری نسبت به جو برخوردار است (et al., 2010). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که بیشترین میزان شاخص غالبیت به ترتیب در بادام‌زمینی تیمار دو بار وجین با فواصل بین ردیف‌های کمتر ($A_{pc} = 1/85$) و در

نموده است (Zhang et al., 2011).

جدول 3- تجزیه واریانس شاخص‌های غالبیت، تراکم نسبی و رقابت در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی

Table 3- Analysis of variance for agrissivity index, relative crowding coefficient and competitive ratio in the corn and peanut intercropping

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص غالبیت Aggressivity	نسبی بادام‌زمینی Relative crowding coefficient of peanut	ضریب ازدحام نسبی ذرت Relative crowding coefficient of corn	شاخص رقابت بادام‌زمینی Competition index of peanut	شاخص رقابت ذرت Competition index of corn
تکرار Replication	2	0.246*	0.28 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.36*	0.05*
وجین علف‌های هرز Weeds control	2	0.009 ^{ns}	9.96**	0.19**	0.02 ^{ns}	0.03 ^{ns}
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing	1	4.013**	26.01**	0.37**	0.03 ^{ns}	0.41**
وجین علف‌های هرز × فواصل بین ردیف‌ها Weeds control × row spacing	2	0.634**	26.11**	0.1*	0.54**	0.05*
خطا Error	10	0.049	0.523	0.015	0.006	0.009
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	22.77	24.02	19.86	5.09	18.97

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

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

جدول 4- مقایسه میانگین شاخص‌های غالبیت، تراکم نسبی و رقابت در فواصل بین ردیف‌ها و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی

Table 4- Means comparison of agrissivity index, relative crowding coefficient and competitive ratio in row spacing and weedy different levels in the corn and peanut intercropping

وجین علف‌های هرز Weeds control	غالبیت Aggressivity		ضریب ازدحام نسبی Relative crowding coefficient		شاخص رقابت Competition index	
	بادام زمینی Peanut	ذرت Corn	بادام زمینی Peanut	ذرت Corn	بادام زمینی Peanut	ذرت Corn
W ₀	0.94 ^{a*}	- 0.94 ^a	4.29 ^a	0.8 ^a	1.45 ^a	0.42 ^a
W ₁	0.97 ^a	- 0.97 ^a	2.72 ^a	0.67 ^{ab}	1.56 ^a	0.55 ^a
W ₂	1.02 ^a	- 1.02 ^a	1.73 ^b	0.44 ^b	1.57 ^a	0.53 ^a
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing						
D ₁	0.5 ^b	- 0.5 ^a	4.12 ^a	0.78 ^a	1.48 ^b	0.65 ^a
D ₂	1.45 ^a	- 1.45 ^b	1.71 ^b	0.49 ^b	1.57 ^a	0.35 ^a

W₀, W₁, W₂: به ترتیب وجین علف‌های هرز، عدم وجین، یک‌بار وجین، دو بار وجین، D₁, D₂: به ترتیب فاصله ردیف 40 سانتی‌متر و 50 سانتی‌متر. در هر ستون و برای هر

تیمار

W₀, W₁ and W₂: Non-weeding, once-weeding and twice-weeding, D₁, D₂: Row spacing, 40 centimeter and 50 centimeter

* میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند.

*Means in each column and for each treatment followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

4- شاخص رقابت

بررسی نسبت رقابت دو گونه نشان داد که اثرات فواصل بین ردیف‌ها، وجین علف‌های هرز و اثر متقابل فواصل بین ردیف‌ها در وجین علف‌های هرز معنی‌دار است (جدول 3). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بادام‌زمینی توان رقابتی بیشتری نسبت به ذرت دارد و حداکثر نسبت رقابت بادام‌زمینی از تیمار دو بار وجین با فاصله ردیف بیشتر ($CR_{pc} = 1/85$) به دست آمد. در حالی که ذرت در فاصله ردیف کمتر دارای توانایی رقابتی بیشتری است، اما در بین سطوح وجین علف‌های هرز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، چرا که ذرت رقیب قوی‌تری در مقابل علف‌های هرز بود (جدول 4). زانگ و همکاران (Zhang et al., 2011) در بررسی الگوهای مختلف کشت ردیفی یونجه و ذرت در آزمایشی سه ساله، مشاهده نمودند که شاخص رقابت یونجه همواره بزرگ‌تر از یک است که نشان‌دهنده برتری یونجه نسبت به ذرت در مخلوط است. در کل تیمار سه ردیف ذرت+ دو

ردیف یونجه با میانگین (1/15) از حداکثر ضریب رقابت برخوردار بود.

5- نسبت برابری زمین

کارایی استفاده از زمین تحت تأثیر وجین و اثر متقابل سیستم کاشت در وجین در فواصل بین ردیف‌ها تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول 5). بالاترین نسبت برابری زمین از مخلوط 100 درصد ذرت + 100 درصد بادام‌زمینی معادل 1/048 به دست آمد (جدول 6). بر این اساس عملکرد حاصل از کشت مخلوط در این تیمار نسبت به تک-کشتی افزایش داشت. در کشت مخلوط نخود سیاه و جو بالاترین نسبت برابری زمین در تیمار 100 درصد نخود سیاه + 100 درصد جو معادل 1/25 به دست آمد که دلیل این امر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاه نخود نسبت داده شد (Daryayi et al., 2008).

جدول 5- تجزیه واریانس نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی
Table 5- Analysis of variance for land equivalent ratio in the corn and peanut intercropping

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	نسبت برابری زمین LER
تکرار Replication	2	0.02 ^{ns}
سیستم کاشت Planting system	1	0.01 ^{ns}
وجین Weeds control	2	0.1*
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing	1	0.004 ^{ns}
سیستم کاشت × وجین Planting system × weeds control	2	0.03 ^{ns}
سیستم کاشت × فواصل بین ردیف‌ها Planting system × density	1	0.04 ^{ns}
فواصل بین ردیف‌ها × وجین Weeds control × density	2	0.03 ^{ns}
سیستم کاشت × وجین × فواصل بین ردیف‌ها Planting system × weeds control × density	2	0.17**
خطا Error	22	0.02
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	13.8

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد
ns, * and **: Non-significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول 6- مقایسه میانگین نسبت برابری زمین در نسبت‌های مختلف کاشت، فواصل بین ردیف‌ها و سطوح مختلف وجین علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی

Table 6- Means comparison of for land equivalent ratio in row spacing and weedy different levels in the corn and peanut intercropping

سیستم کاشت Planting system	نسبت برابری زمین LER
M ₁	1.006 ^a
M ₂	1.048 ^a
وجین علف‌های هرز Weeds control	
W ₀	0.96 ^b
W ₁	0.98 ^b
W ₂	1.13 ^a
فواصل بین ردیف‌ها Row spacing	
D ₁	1.03 ^a
D ₂	1.01 ^a

M₁, M₂: به ترتیب نسبت‌های مختلف کاشت، 50٪ ذرت + 50٪ بادام‌زمینی، 100٪ ذرت + 100٪ بادام‌زمینی، W₀, W₁, W₂: به ترتیب وجین علف‌های هرز، عدم وجین، یک‌بار وجین، دو بار وجین، D₁, D₂: به ترتیب فواصل بین ردیف‌ها: 40 سانتی‌متر، 50 سانتی‌متر،
M₁, M₂: Planting ratio, 50% corn+50% peanut, 100% corn+100% peanut, W₀, W₁ and W₂: Non-weeding, once-weeding and twice-weeding, D₁, D₂: Row spacing, 40 centimeter, 50 centimeter.
* در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت آماری معنی‌داری ندارند.

* Means in each column and for each treatment followed by at least one similar letter are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple range test.

کیفی محصولات مورد مطالعه و افزایش نسبت برابری سطح زمین (LER) می‌باشد.

نتیجه‌گیری

به این ترتیب با کنار هم گذاردن نتایج می‌توان اظهار داشت که علاوه بر این که مورفولوژی و ساختار اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط در غالب و مغلوب بودن گونه‌ها مؤثرند، فواصل بین ردیف‌ها و کنترل علف‌های هرز نیز از عوامل مؤثر بر شاخص‌های رقابتی و سودمندی کشت مخلوط هستند. بادام‌زمینی به عنوان گونه غالب و یک رقیب برتر در مخلوط ذرت و بادام‌زمینی با شاخص غالبیت، تراکم نسبی و رقابت بالاتر بود و دلیل آن استفاده مؤثر از منابع محیطی و کنترل علف‌های هرز بوده که باعث شده بادام‌زمینی با عملکرد بیشتر رقیب سر سستی برای ذرت محسوب گردد.

کنترل علف‌های هرز، فواصل بین ردیف‌ها و اثر متقابل سیستم کاشت در وجین در فواصل بین ردیف‌ها بر میزان نسبت برابری زمین معنی‌دار بود و تیمار دو بار وجین با فاصله ردیف کمتر دارای حداکثر کارایی استفاده از زمین بود. محققین در کشت مخلوط ارزن نوتریفت (*Pennisetum glaucum* L.) با ماشک (*Vicia sativa* L.) نشان دادند که عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص، LER بالاتری داشته است که این به دلیل بهره‌گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد (Sirousmehr et al., 2003). نتایج برخی بررسی‌های انجام شده در زمینه کشت مخلوط بقولات و غلات متداول در جهان مانند جو و باقلا (*Vicia faba* L.) (Agegnehu et al., 2006)، جو و عدس (*Lens culinaris*) (Medik., 2004) (Schemidtke et al., 2004)، نخود و جو (Launay et al., 2009) (Neumann et al., 2009)، نخود و یولاف (*Avena sativa*) (Getachew et al., 2006) بیان‌گر بهبود کمی و

- 1- Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
- 2- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and Weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
- 3- Bhatti, I.H., Ahmad, R., Jabbar, A., Nazir, M.S., and Mahmood, T. 2006. Competitive behaviour of component crops in different sesame-legume intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology*. (Pakistan) 8: 165-167.
- 4- Carruthers, K., Prithviraj, B.F.Q., Cloutier, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: yield component response. *European Journal of Agronomy* 12: 103-115.
- 5- Daryayi, F., Agha Qalykhany, M., and Chaiechi, M. 2008. Comparison beneficial indicators of the pea and barley mixed cultures in the forage production. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 21: 35-40. (In Persian with English Summary)
- 6- Dawo, M.I., Wilkinson, J.M.S., Anders, F.E.T., and Pilbeam, D.J. 2007. The yield and quality of fresh and ensiled plant material from intercropping maize (*Zea mays*) and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 1391-1399.
- 7- De Wit, C.T. 1960. On competition. *Verslagen Landbouwkundige Onderzoekingen* 66: 1-82.
- 8- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- 9- Fetene, M. 2003. Intra-and inter-specific competition between seedlings of *Acacia etbaica* and a perennial grass (*Hyperemia hirta*). *Journal of Arid Environments* 55: 441-451.
- 10- Getachew, A., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and Land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. *European Journal of Agronomy* 25: 202-207.
- 11- Hauggaard Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluation pea and barley cultivars for complementarily in intercropping at different levels of soil N availability. *Field Crops Research* 72: 185-196.
- 12- Islami khalili, F., Pirdashti, H., and Motaghian, A. 2010. Evaluation yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) and broad bean (*Vicia faba* L.) in the density and mixed culture different combinations by competition indices. *Journal of Agriculture and Ecology* 1: 94-105. (In Persian with English Summary)
- 13- Koochaki, A., Nassiri Mohallati, M., Feyzi, H., Amir Moradi, S., and Mandani, F. 2010. Effect of intercropping maize, (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on dry matter yield and LER under control conditions and no weed control condition. *Journal of Agricultural Ecology* 2: 225-235. (In Persian with English Summary)
- 14- Launay, M.N., Brisson, S., Satger, H., Hauggaard Nielsen, G., Corre Hellou, E.K., Asynova Ruske, R., Jensen, E.S., and Gooding, M.J. 2009. Exploring options for managing strategies for pea-barley intercropping using a modeling approach. *European Journal of Agronomy* 2: 85-98.
- 15- Liebman, M., and Davis, A.S. 2000. Integration of soil, crop and weed management in low-input farming systems. *Weed Research* 40: 27-47.
- 16- Li, L., Yang, S., Li, X., Zhang, F., and Christie, P. 1999. Interspecific complementary and competitive interactions between intercropped maize and faba bean. *Plant and Soil* 212: 105-114.
- 17- 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.
- 18- Maingi, M.J., Shisanya, A.C., Gitonga, M.N., and Hornetz, B. 2001. Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stand in semi-arid south east Kenya. *European Journal of Agronomy* 14: 1-12.
- 19- Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Second edition. Tehran University publications. Pp. 262. Mushagalusa, G.N., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato /maize intercropping: Effect on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* 64: 180-188.
- 20- Mutungamiri, A., Margia, I.K., and Chivinge, O.A. 2001. Evaluation of maize (*Zea mays* L.) cultivars and density

- for dry land maize-bean intercropping. *Journal of Tropical Agriculture* 1: 8-12.
- 21- Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* 64(2): 180-188.
 - 22- Neumann, A., Werner, J., and Rauber, R. 2009. Evaluation of yield density relationships and optimization of intercrop compositions of field-grown pea-oat intercrops using the replacement series and the response surface design. *Field Crops Research* 114: 286-294.
 - 23- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture Ecosystems and Environment* 109: 48-58.
 - 24- Samarajeewa, K.B.D.P., Takatsugu, H., and Shinyo, O. 2006. Finger millet (*Eleusine corocana* L. Gaertn) as a cover crop on weed control, growth and yield of soyabean under different tillage systems. *Soli and Tillage Research* 90: 93-99.
 - 25- Schippers, P., and Kropff, M.J. 2001. Competition for light and nitrogen among grassland species: a simulation analysis. *Functional Ecosystems* 15: 155-164.
 - 26- 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.
 - 27- Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoye, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. *Biaban* 2: 250-263. (In Persian with English Summary)
 - 28- VanderMeer, J.H. 1992. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, New York, USA.
 - 29- Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah, A.A., and Jabbar, A. 2009. Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan)* 11: 69-71.
 - 30- Willey, R.W. 1979. Intercropping its importance and research needs. Competition and yield advantage. *Field Crop Abstracts* 32: 1-10.
 - 31- Zand, B., and Ghaffari Khaliq, H. 2002. Evaluation of grain sorghum-Cowpea intercropping under different planting patterns. *Proceeding of the 7th Iranian Congress of Crop Sciences*, 24-26 Aug. Karaj, Iran. (In Persian)
 - 32- Zhang, G., Yang, Z., and Dong, S. 2011. Interspecific competitiveness affects the total biomass yield in an alfalfa and corn intercropping system. *Field Crops Research* 124: 66-73.
 - 33- Zua, Y., Zhang, F., Li, X., and Cao, Y. 2000. Studies on improvement in iron nutrition peanut by intercropping with maize on a calcareouse soil. *Plant and Soil* 220: 13-25.



Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices

M. Rajaii^{1*}, M. Dahmardeh², I. Khammari³ and S.M. Mousavi Nik⁴

Submitted: 18-02-2014

Accepted: 26-08-2014

Rajaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Mousavi Nik, S.M. 2016. Evaluation effect of density and weeds control in corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices. Journal of Agroecology 7(4):

Introduction

Evaluating yield in intercropping systems is based on selecting compatible plants with appropriate characteristics to establish minimum competition and maximum cooperation, and the application of suitable agricultural practices (crop density and intercropping ratio). The use of plant species with different morphological characteristics in terms of nutrient uptake and utilization of growth environment, and the least competitive species in ecological and environmental factors in a fixed nest causes possibility of presence of two plants in the same ecological niche and better use of resources (Banik et al, 2006; Mushagalusa et al., 2008). Competitive ability of species in the intercropping is estimated using the relative interference parameters and determining the dominant species (Dhima et al., 2007). One of the indicators to evaluate intercropping is competitive ratio which is the competitive ability of the crop in the form of a better expression (Dhima et al., 2007). In general, the intercropping is one of the ways that increases the stability of agroecosystems.

Materials and methods

In order to study the effects of density, weedy and various proportion of corn (704 Variety) and peanut (Goli Variety) intercropping an experiment was conducted in 2012 in the Agriculture Research Station (Chah Nimeh) of Zabol University. The experiment design was factorial in randomized complete block design with three replications. Experiment factors consisted of planting proportions in 4 levels (sole crop of corn, 50% corn +50% peanut, 100% corn + 100% peanut and sole crop of peanut), weedy in 3 levels (non-weedy, once-weedy and twice-weedy) and the space between rows in 2 levels (40 and 50 centimeter). For appointment of dominant treatment, Relative Crowding Coefficient (RCC), Competitive Ratio (RC), Aggressivity and Land equivalent ratio (LER) were calculated. All treatments were planted in a row of peanut and a row of corn. In intercropping alternative treatments and increasing sowing ratio with bush density change (the distance change between two bushes on a row) and variable distance between two rows (40 and 50 cm) were carried out. In monoculture and alternative intercropping systems, the distance between bushes for both plants was identical, but alternative intercropping, a row of corn and a row peanut were planted and there were 30 plants of corn and 40 plants of peanut per unit area on each row. To intensify the intercropping, the distance between plants on the rows decreased and due to variable spacing between rows, number of plants per unit area increased and there were 60 corn plants and 80 peanuts plants per unit area on each row.

Results and discussion

The highest yield for corn (3.18 t.ha^{-1}) was obtained in a intercropping of 100% corn+100% peanut and peanut (9.43 t.ha^{-1}) in 50% corn+50% intercropping of peanut respectively. This means that the proximity of the legumes and grasses can be more productive in terms of intercropping than mono cropping system. The reason could be due to biological nitrogen fixation and increases in light absorption by roots of peanuts. Results indicated that various factors had significant effects on valuated index. The highest and least LER was in 100% corn + 100% peanut and 50% corn + 50% peanut. The highest RCC was for peanut, treatment non-weedy at

1, 2, 3 and 4- MSc student of Agroecology, Assistants professor and Associated professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: mahdieh.rajaii@gmail.com)

higher population (7.41) and least was in the corn, treatment once-weedy at lower population (0.4). Corn competitive ratio on peanut in all treatments was less than one, which indicated peanut had advantage over corn. Based on this scale treatment with less density and twice-weedy was more dominate. The Aggressivity index for corn in all the treatments were negative but increased. Therefore in the all indices peanut was the dominant species, this was referred to better use of resources and weed control.

Conclusion

The results showed that both morphology and structure of the components of a intercropping, in dominant and recessive forms are effective. Row spacing and weed control are factors affecting the competitiveness and profitability indicators in intercropping. Peanut was the dominant species and a top competitor in corn and peanut intercropping with higher Aggressivity index, relative interference and higher competition and to the effective use of environmental resources and weed control, which makes it the most serious rival for corn.

Keywords: Aggresivity, Land equivalent ratio, Relative crowding coefficient, Yield

References

- Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and Weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-332.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.A., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercropping in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- Nachigera, G.M., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. *Environmental and Experimental Botany* 64(2): 180-188.

بررسی جنبه‌های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.)

گودرز احمدوند^{1*} و سمیه حاجی‌نیا²

تاریخ دریافت: 1393/11/04

تاریخ پذیرش: 1394/01/26

احمدوند، گ. و حاجی‌نیا، س.، 1394. بررسی جنبه‌های اکولوژیکی الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی سویا (*Glycine max* L.) و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 485-498.

چکیده

کشت مخلوط می‌تواند به عنوان یکی از راه‌های افزایش عملکرد و پایداری تولید در واحد سطح مطرح باشد. به منظور بررسی اثر کشت مخلوط جایگزینی سویا (*Glycine max* L.) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.) بر خصوصیات زراعی، تنوع علف‌های هرز و فعالیت زیستی خاک، آزمایشی در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا در سال زراعی 1393، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل پنج الگوی کشت مخلوط جایگزینی (25 درصد ارزن + 75 درصد سویا (25S: 75M)، 50 درصد ارزن + 50 درصد سویا (50S: 50M)، 75 درصد ارزن + 25 درصد سویا (75S: 25M) و تک‌کشتی سویا و ارزن) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تک‌کشتی سویا و ارزن به ترتیب با 219/8 و 171/9 گرم بر مترمربع، حاصل شد. کشت مخلوط باعث کاهش حداکثر شاخص سطح برگ و افزایش میزان کلروفیل برگ سویا و ارزن گردید. بیشترین تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته سویا و بیشترین تعداد خوشه در بوته ارزن در تیمار 50S: 50M به دست آمد. میزان تنفس خاک به طور متوسط در تیمارهای کشت مخلوط به ترتیب چهار و هشت درصد بیشتر از تک‌کشتی سویا و ارزن بود. الگوهای کاشت 50S: 50M و 25S: 75M در کاهش تراکم و تنوع علف‌های هرز موفق‌تر از تک‌کشتی سویا بودند. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان‌دهنده برتری تمام نسبت‌های کشت مخلوط سویا و ارزن بر تک‌کشتی آن‌ها بود و تیمار 50S: 50M بیشترین نسبت برابری زمین (1/20) را به خود اختصاص داد. سویا و ارزن در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، افت واقعی عملکرد نداشتند. محاسبه ضریب غالبیت نشان داد که ارزن از غالبیت بیشتری نسبت به سویا برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: تنفس خاک، شاخص‌های تنوع، شاخص‌های رقابت، نسبت برابری زمین

مقدمه

منابع آب و خاک را به همراه دارد (Poggio, 2005). از این‌رو پژوهشگران سعی دارند تا با طراحی و اجرای سامانه‌های برخورداری از پایداری و عملکرد بالا، امنیت غذایی را تأمین نمایند. نکته حائز اهمیت در نظام کشاورزی پایدار، افزایش تولید محصولات کشاورزی در زمان و مکان می‌باشد که به شکل دیگری بتوان از عوامل محیطی بهره برد (Thorsted et al., 2006).

یکی از روش‌های ایجاد پایداری و حفظ سلامت تولید در بوم-نظام‌های کشاورزی استفاده از روش‌های کشت مخلوط است. کشت مخلوط به عنوان یکی از شیوه‌های زراعی هم راستا با اهداف

با توجه به روند رو به رشد جمعیت و محدودیت اراضی قابل کشت در جهان و نیز کشور ما، افزایش تولید با صرف هزینه‌های زیاد در واحد سطح، امکان‌پذیر می‌باشد. علاوه بر این کاربرد بی‌رویه نهاده‌های شیمیایی نظیر کودها، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها تخریب

1 و 2- به ترتیب دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا همدان
(*) - نویسنده مسئول: (Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

اکولوژیک (Raei et al., 2011)، افزایش کارایی مصرف منابع (Mushagalusa et al., 2008) و پایداری عملکرد (Darbaghsahi et al., 2012) را به همراه دارد. این شیوه یکی از نظام‌های کشاورزی پایدار در کشاورزی است که در بیشتر کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه اجرا می‌شود (Maffei & Mucciarelli, 2003). از این رو در بسیاری از پژوهش‌ها از آن با عنوان کاربرد عملی قوانین پایه اکولوژی مانند تنوع و رقابت یاد می‌شود (Shoeny et al., 2010). کشت مخلوط به دلیل فراهم نمودن شرایط، به منظور استفاده کارآمدتر از منابع و کاهش تداخل علف‌های هرز، حشرات و آفات، اغلب بازده بیشتری نسبت به تک‌کشتی اجزای خود دارد (Echarte et al., 2011). بهره‌برداری بیشتر از عوامل محیطی نیازمند تیپ ایده‌آل گیاه زراعی است، که قادر باشد در کمترین زمان تمام آشیان اکولوژیک ممکن را به طور کامل اشغال کند و از منابع و امکانات محیطی استفاده بیشتری ببرد (Banik et al., 2006).

یکی از موفق‌ترین سیستم‌های کشت مخلوط سیستمی است که در آن بقولات در مخلوط با یک گیاه غیربقولات کشت شده و در اغلب حالات سبب برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی می‌شود، که دلیل آن توانایی تثبیت زیستی نیتروژن اتمسفری توسط بقولات است که مزیت‌های اکولوژیک فراوانی به دنبال دارد (Javanshir et al., 2000). گزارش شده است که در الگوی کشت مخلوط، غلات به دلیل رشد سریع‌تر و عمیق‌تر و همچنین نیازمندی زیادتر به نیتروژن از درجه رقابت‌کنندگی بیشتری برای نیتروژن معدنی خاک در مقایسه با بقولات برخوردار می‌باشند (Lithourgidis et al., 2011).

سویا (*Glycine max* L.) از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی محسوب می‌شود و با دارا بودن 20 درصد روغن و 40 درصد پروتئین، یکی از منابع عمده تولید روغن و پروتئین گیاهی است و از نظر تولید روغن در سطح جهان، مقام اول را در بین گیاهان روغنی دارد (Shahmoradi, 2003). بنابراین پتانسیل زیادی برای گسترش کشت این گیاه در الگوی کشت مخلوط وجود دارد.

ارزن (*Panicum miliaceum* L.) نیز گیاهی است که به دلیل ویژگی‌های مطلوب از جمله سیستم فتوسنتزی چهارکربنه، کیفیت مطلوب علوفه به دلیل قابلیت هضم بالا، درصد پروتئین بالا (16 تا 30 درصد) و عدم برخورداری از ترکیبات سمی، تحمل کم‌آبی و رشد سریع، به عنوان گیاهی مطلوب برای تولید علوفه و دانه به خصوص در کشت مخلوط مطرح بوده است (Safari, 2007). تحقیقات نشان

داده است که در بیشتر موارد کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای ضمن تولید علوفه با کیفیت، حفاظت فیزیکی بوته‌ها از خطر ورس و کنترل رشد علف‌های هرز در افزایش عملکرد دانه این گیاهان به دلیل جلوگیری از خوابیدگی مؤثر می‌باشد (Lithourgidis et al., 2011). محمد و همکاران (Mohammed et al., 2008) در ارتباط با سابقه کشت مخلوط دو گونه ارزن (*Panicum miliaceum* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) اظهار داشتند که کشت مخلوط این دو گونه، کشت غالب در مناطق ساحلی غرب آفریقا و سودان می‌باشد. در این مناطق، ارزن به عنوان گیاه زراعی غالب در تغذیه مردم و لوبیا چشم‌بلبلی به عنوان منبع غنی از پروتئین مطرح می‌باشد. در بررسی کشت مخلوط ارزن نوتریفید (*Pennisetum glaucum* L.) با ماشک زراعی (*Vicia sativa* L.)، عملکرد مخلوط در مقایسه با کشت خالص محصولات و نسبت برابری زمین (LER)¹ بالاتر بود که این امر به دلیل بهره‌گیری ارزن از بقایای نیتروژن ماشک و کاهش رقابت بین گونه‌ای بوده است (Siouismehr et al., 2003).

یکی از راهکارهای بررسی بهره‌وری کشت مخلوط، استفاده از شاخص‌های سودمندی است. در این میان نسبت برابری زمین در ارزیابی مزیت سیستم کشت مخلوط به تک‌کشتی، بیشترین کاربرد را دارد و توانایی رقابت گونه‌ها در این نوع سیستم کشت اغلب با برآورد ضرایب ازدحامی، غالبیت نسبی و افت واقعی عملکرد تعیین و گونه غالب مشخص می‌گردد (Dhima et al., 2007; Banik et al., 2006).

با توجه به اهمیت کشت مخلوط در جهت تحقق اهداف کشاورزی پایدار، این پژوهش با هدف تعیین بهترین ترکیب کشت برای استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت در کشت مخلوط، اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش مزرعه‌ای در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان در بهار سال 1393 واقع در روستای دستجرد با عرض جغرافیایی 35 درجه و یک دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه و 31 دقیقه شرقی و ارتفاع 1690 متر از سطح دریا، اجرا گردید.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق 0-30 سانتی‌متری خاک)

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental field soil (soil depth 0-30 cm)

یافت Texture	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	درصد کربن آلی OC (%)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) K (ppm)	نیترژن کل (درصد) Total N (%)
لومی Loam	0.38	7.5	0.6	20	458	0.06

در مرحله گل‌دهی از هر کرت پنج بوته برداشت و سطح برگ و میزان کلروفیل اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت کلروفیل کل از روش آرنون (Arnon, 1949) و استون 80 درصد استفاده شد. جذب نوری کلروفیل در طول موج‌های 645 و 663 نانومتر خوانده شد و با استفاده از فرمول مربوطه غلظت کلروفیل کل بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به دست آمد.

برای تعیین عملکرد نهایی، ارزن در تاریخ 20 شهریور و سویا در نه مهر با لحاظ حاشیه، سطحی معادل دو مترمربع برداشت شد. پیش از برداشت، تعداد پنج بوته از هر گیاه و از هر واحد آزمایشی به طور تصادفی برداشت شده و صفاتی از قبیل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه در سویا و تعداد خوشه در بوته، وزن صد دانه و ارتفاع بوته، در ارزن، اندازه‌گیری و تعیین گردید.

برای تعیین میزان تنفس خاک به روش اندرسون (Anderson, 1982) قبل از برداشت، مقدار دی‌اکسیدکربن آزاد شده محاسبه و بر حسب میلی‌گرم دی‌اکسیدکربن در کیلوگرم خاک در روز برای هر تیمار تعیین گردید.

برای محاسبه میزان سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی و همچنین بررسی اثرات رقابتی بین گیاهان سویا و ارزن در کشت مخلوط، از شاخص‌های مختلف ارزیابی کشت مخلوط و رقابت به شرح ذیل استفاده شد (Dhima et al., 2007; Banik et al., 1996).

$$LER = \frac{Y_{sm}}{Y_{ss}} + \frac{Y_{ms}}{Y_{mm}} \quad \text{معادله (2)}$$

که در این معادله، Y_{sm} و Y_{ss} : به ترتیب عملکرد سویا در کشت مخلوط و خالص و Y_{ms} و Y_{mm} : به ترتیب عملکرد ارزن در کشت مخلوط و خالص می‌باشد.

$$A_{soybean} = \frac{Y_{sm}}{Y_{ss} \times Z_{sm}} - \frac{Y_{ms}}{Y_{mm} \times Z_{ms}} \quad \text{معادله (3)}$$

$$A_{millet} = \frac{Y_{ms}}{Y_{mm} \times Z_{ms}} - \frac{Y_{sm}}{Y_{ss} \times Z_{sm}}$$

یافت خاک محل آزمایش لومی و سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل الگوی کاشت جایگزینی در پنج سطح (تک‌کشتی سویا (100S)، تک‌کشتی ارزن (100M)، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد سویا + 75 درصد ارزن (25S: 75M)، 50 درصد سویا + 50 درصد ارزن (50S: 50M) و 75 درصد سویا + 25 درصد ارزن (75S: 25M) بودند.

عملیات کاشت سویا (رقم M9) و ارزن معمولی به صورت همزمان در چهار خرداد ماه در کرت‌هایی شش ردیفه با طول چهار متر و فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر انجام شد. فاصله نهایی بوته‌ها روی خطوط کاشت در هر دو گیاه، پنج سانتی‌متر بود. کاشت بذرها تراکم بیشتر از حد مورد نظر انجام و برای دستیابی به تراکم مطلوب سویا و ارزن (40 بوته در مترمربع) گیاهان در مرحله 4-6 برگی تنک شدند. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک بار به صورت جوی و پشته‌ای (نشتی) انجام گرفت.

با توجه به تراکم بالای علف‌های هرز، در مراحل اولیه رشد بعد از استقرار کامل گیاه، در همه واحدهای آزمایشی علف‌های هرز با دست وجین شدند. جهت بررسی تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در پایان فصل رشد و قبل از برداشت، در هر تیمار با کوادرات 1x1 مترمربع اقدام به نمونه‌برداری تصادفی از علف‌های هرز شد. علف‌های هرز موجود در هر کوادرات به تفکیک گونه شناسایی و شمارش گردیدند. برای محاسبه میزان تنوع گونه‌ای علف‌های هرز در هر تیمار از شاخص‌های اکولوژیکی (شاخص تنوع شانون - وینر) استفاده گردید (Booth et al., 2003).

$$H' = -\sum_{i=1}^S [P_i \ln(P_i)], \quad P_i = n_i/N \quad \text{معادله (1)}$$

که در این معادله، N : تعداد کل افراد، n_i : تعداد افراد مربوط به گونه i و S : تعداد گونه می‌باشد.

Z_{sm} : نسبت مخلوط گیاه سویا و Z_{ms} : نسبت مخلوط گیاه ارزن است.

$$AYL_{soybean} = \left(\frac{Y_{sm}}{Z_{sm}} \right) / \left(\frac{Y_{ss}}{Z_{ss}} \right) - 1$$

$$AYL_{millet} = \left(\frac{Y_{ms}}{Z_{ms}} \right) / \left(\frac{Y_{mm}}{Z_{mm}} \right) - 1, \quad (4)$$

$$AYL = AYL_{soybean} + AYL_{millet}$$

تجزیه آماری داده‌های آزمایش با نرم‌افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر الگوهای کشت مخلوط جایگزینی بر حداکثر شاخص سطح برگ در سطح یک درصد و بر

میزان کلروفیل برگ در سطح پنج درصد در سویا و ارزن معنی‌دار گردید (جدول 2). کشت مخلوط جایگزینی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته سویا داشت ($p \leq 0/05$)، اما اثر آن بر ارتفاع بوته ارزن معنی‌دار نبود (جدول 2).

در طی مراحل رشد، حداکثر شاخص سطح برگ سویا و ارزن به ترتیب 70 و 80 روز پس از سبز شدن مشاهده شد. بیشترین شاخص سطح برگ سویا (7/21) در تک‌کشتی سویا به دست آمد و با افزایش سهم ارزن در کشت مخلوط، میزان شاخص سطح برگ سویا کاهش یافت. بنابراین در الگوهای کشت مخلوط، نسبت 75S: 25M که در آن سویا بیشترین تراکم را دارد بالاترین شاخص سطح برگ را در کشت مخلوط دارا بود، به طوری که با تیمار کشت خالص سویا اختلافی نداشت (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی بر حداکثر شاخص سطح برگ، کلروفیل کل برگ، ارتفاع بوته سویا و ارزن

Table 2- Analysis of variance (mean squares) for leaf area index max (LAI_{max}), total leaf chlorophyll and plant height in different replacement intercropping patterns of soybean and millet

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سویا Soybean			ارزن معمولی Millet		
		حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	کلروفیل کل Total chlorophyll	ارتفاع بوته Plant height	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	کلروفیل کل Total chlorophyll	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	0.5950 ^{ns}	0.00059 ^{ns}	2.255 ^{ns}	0.0137 ^{ns}	0.00628 ^{ns}	1.353 ^{ns}
کشت مخلوط Intercropping	3	17.724 ^{**}	0.0015 [*]	32.738 [*]	5.322 ^{**}	0.0420 [*]	0.142 ^{ns}
خطا Error	6	1.4577	0.00042	3.916	0.3701	0.00673	1.6382
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		24.43	3.39	2.87	21.86	9.14	1.853

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

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

نتایج آزمایشی که بر روی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) انجام شد، نشان داد که شاخص سطح برگ دو گیاه در کشت خالص بالاتر از کشت مخلوط بود (Rezvan Beydokhti, 2005). همچنین شیواراوم و شیواشانکار (Shivaraum & Shivashankar, 1994) در

بیشترین شاخص سطح برگ ارزن (4/20) نیز در کشت خالص حاصل شد که البته با توجه به تراکم بالاتر ارزن در این تیمار منطقی به نظر می‌رسد و کمترین شاخص سطح برگ ارزن در تیماری به دست آمد که ارزن در آن کمترین تراکم را داشت (جدول 3).

عدم تأثیر معنی‌دار کشت مخلوط بر ارتفاع ارزن، پتانسیل بالای این گیاه برای سازگاری با تغییر تراکم بوده است.

تداخل حضور ارزن در میان ردیف‌های سویا، افزایش ارتفاع سویا را به دنبال داشت. همچنین اسلامی‌خلیلی و همکاران (Eslami et al., 2011) حداکثر ارتفاع بوته باقلا (*Vicia faba* L.) در مخلوط با جو (*Hordeum vulgare* L.) را در تیمارهای 25 و 75 درصد باقلا گزارش نمودند.

ردیف‌ارن و همکاران (Redfearn et al., 1999) بیان داشتند افزایش ارتفاع بوته سویا در کشت مخلوط با سورگوم به دلیل سایه‌اندازی توسط گیاه بلندتر و در اثر افزایش طول میان‌گره‌ها است. بنابراین با جایگزین شدن ارزن، به دلیل رقابت برای کسب نور و منابع محیطی، ارتفاع سویا افزایش یافت. به بیان دیگر به نظر می‌رسد که بوته‌های ارزن به دلیل سایه‌اندازی روی سویا، باعث کاهش نسبت نور قرمر به قرمر دور شده و در نتیجه این امر ارتفاع بوته سویا افزایش یافته است.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوهای کشت جایگزینی بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته سویا در سطح پنج درصد و بر وزن صد دانه سویا در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول 4). اثر کشت مخلوط بر تعداد خوشه در بوته ارزن نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر وزن صد دانه ارزن نداشت (جدول 4).

در الگوهای مختلف کشت مخلوط سویا بیشترین تعداد غلاف در بوته در نسبت‌های 50S: 50M و 25S: 75M (به ترتیب 38/25 و 37/30 غلاف در بوته) به دست آمد (جدول 5). میزان افزایش تعداد غلاف در بوته سویا در نسبت‌های 50S: 50M و 25S: 75M در مقایسه با تیمار کشت خالص به ترتیب معادل 9/80 و 7/19 درصد بود (جدول 5).

پژوهش خود روی کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و سویا گزارش کردند هر دو گیاه در کشت خالص، سطح برگ بیشتری نسبت به کشت مخلوط دارا بودند. آن‌ها همچنین عنوان کردند هر چه تراکم در کشت مخلوط افزایش یافت از میزان شاخص سطح برگ کاسته شد.

در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط سویا و ارزن، میزان کلروفیل هر دو گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول 3). مقدار کلروفیل برگ در مرحله گل‌دهی در کشت مخلوط جایگزینی سویا و ارزن به طور میانگین 8/77 و 24/15 درصد نسبت به تک‌کشتی سویا و ارزن افزایش نشان داد (جدول 3).

احتمالاً دلیل افزایش میزان کلروفیل در کشت مخلوط، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر می‌باشد. به عبارت دیگر، گیاه زراعی در شرایط سایه‌اندازی برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید فتواسمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. این نتایج با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (Lin et al., 2007). نامبردگان اظهار داشتند که در کشت‌های مخلوط در برگ‌برنده بقولات و غلات، به دلیل تثبیت نیتروژن توسط بقولات و افزایش کلروفیل برگ، کارایی مصرف نور افزایش می‌یابد. قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) در کشت مخلوط سویا و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) گزارش کردند که میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است، آنان علت این امر را به سایه‌اندازی این دو گیاه روی همدیگر و نیتروژن تثبیت شده توسط سویا نسبت دادند. از این‌رو، به نظر می‌رسد که در پژوهش حاضر نیز به موازات افزایش سایه‌اندازی در کانوپی مخلوط و احتمالاً تثبیت نیتروژن توسط سویا و از طرفی دیگر به دلیل استفاده بهینه و بالاتر ارزن از نیتروژن موجود در خاک، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته است.

بیشترین ارتفاع بوته سویا در نسبت‌های 50S: 50M و 25S: 75M حاصل شد که به ترتیب 12/34 و 6/48 درصد ارتفاع بوته را نسبت به تک‌کشتی سویا افزایش دادند (جدول 3).

ارتفاع ارزن واکنش معنی‌داری به کشت مخلوط نشان نداد (جدول 3). باریبوتسا و همکاران (Baributsa et al., 2008) گزارش کردند که با افزایش تراکم در کشت مخلوط درهم ذرت و شبدر (*Trifolium resupinatum* L.) عملکرد هر دو گیاه افزایش یافت ولی ارتفاع ذرت در تراکم‌های مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد. به نظر می‌رسد که

جدول 3- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی بر حداکثر شاخص سطح برگ، کلروفیل برگ، ارتفاع بوته سویا و ارزش
Table 3- The effect of different replacement intercropping patterns on leaf area index max (LAI_{max}), total chlorophyll and plant height of soybean and millet

نسبت‌های کاشت Planting ratios	سویا Soybean			ارزن معمولی Millet		
	حداکثر شاخص سطح برگ LAI _{max}	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن خشک) Total chlorophyll (mg.g ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	حداکثر شاخص سطح برگ LAI _{max}	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن خشک) Total chlorophyll (mg.g ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
100S: 0M	7.21 ^a	0.57 ^b	64.8 ^c			
0S: 100M				4.20 ^a	0.759 ^b	69.3 ^a
75S: 25M	6.57 ^a	0.61 ^a	68.3b ^c	1.07 ^c	0.996 ^a	68.9 ^a
50S: 50M	4.07 ^b	0.62 ^a	72.8 ^a	2.52 ^b	0.995 ^a	69.0 ^a
25S: 75M	1.92 ^b	0.63 ^a	69.0 ^{ab}	3.33 ^{ab}	0.836 ^{ab}	68.9 ^a

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

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test (p≤0.05).

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی بر اجزای عملکرد دانه سویا و ارزن
Table 4- Analysis of variance (mean squares) of the effect of different replacement intercropping patterns of soybean and millet on yield components

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سویا Soybean			ارزن معمولی Millet	
		تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن صد دانه 100- Seed weight	تعداد خوشه در بوته Number of panicles per plant	وزن صد دانه 100- Seed weight
تکرار Replication	2	2.696 ^{ns}	384.7 [*]	0.01333 ^{ns}	0.1514 ^{ns}	0.00043 ^{ns}
کشت مخلوط Intercropping	3	6.1339 [*]	313.5 [*]	0.9355 ^{**}	0.7278 [*]	0.000031 ^{ns}
خطا Error	6	0.6782	37.15	0.0588	0.08476	0.000265
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.24	5.89	1.80	4.16	2.51

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

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

ساختار کانوپی موجی و وجود فضای مناسب در الگوهای مختلف کشت مخلوط، سبب استفاده بهینه از عوامل محیطی و در نتیجه افزایش تعداد غلاف در بوته شده است، که با نتایج سایر محققان مطابقت داشت (Egli & Bruening, 2005).

تعداد دانه در بوته سویا در همه الگوهای کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود (جدول 5). میزان افزایش تعداد دانه در بوته سویا در نسبت‌های 75S: 25M و 25S: 75M، 50S: 50M در مقایسه با تیمار کشت خالص، به ترتیب معادل 27/55، 15/07 و 13/65 درصد

تعداد غلاف در بوته مهمترین و تأثیرگذارترین جزء عملکرد در سویا می‌باشد. افزایش تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط می‌تواند به دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای باشد. کاهش تعداد غلاف در تک‌کشتی سویا می‌تواند به علت افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر و کاهش نفوذ نور باشد. در این زمینه مظاهری و همکاران (Mazaheri et al., 2002) گزارش کردند که با افزایش تراکم، تعداد غلاف در بوته سویا به علت رقابت درون‌گونه‌ای به شدت کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد که نسبت کاشت 50S: 50M با ایجاد

بود (جدول 5).

نسبت 50M: 50S هم از نظر تعداد غلاف در بوته و هم از نظر تعداد دانه در بوته از سایر تیمارهای کشت مخلوط بالاتر بود. از این نظر قابل توجه است که کشت ردیفی یک در میان به خاطر عدم حضور گیاهان هم نوع در ردیف‌های مجاور، کمترین رقابت درون گونه‌ای را ایجاد می‌کند. دلیل اصلی تعداد دانه بالاتر در بوته، تعداد غلاف بالاتر است. در این زمینه جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) افزایش معنی‌دار تعداد دانه در غلاف عدس (*Lens culinaris* Medikus) و مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) را نسبت به تک‌کشتی آن گزارش نمودند. در این مطالعه رقابت درون گونه‌ای در کشت خالص بر روی تعداد دانه در غلاف اثر گذاشته و با افزایش رقابت درون گونه‌ای از تعداد دانه در واحد سطح کاسته شد. تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط سویا و نعناع (*Mentha piperita* L.) بالاتر از کشت خالص سویا بود و عامل اصلی تعداد دانه بالاتر در بوته تعداد غلاف بالاتر گزارش گردید (Maffei & Mucciarelli, 2003).

وزن صد دانه در تیمار تک‌کشتی بیشتر از کشت مخلوط سویا بود. الگوهای کشت مخلوط جایگزینی در مقایسه با کشت خالص به ترتیب 6/34، 9/15 و 6/34 درصد، وزن صد دانه سویا را کاهش دادند (جدول 5).

با افزایش تعداد دانه در بوته از وزن صد دانه کاسته شد. به دلیل کمتر بودن تعداد دانه در غلاف در کشت خالص، مواد فتوسنتزی

بیشتری در اختیار دانه‌ها قرار گرفته و باعث بیشتر شدن وزن آن‌ها می‌شود. وزن دانه‌ها تابع توانایی گیاه در تأمین مواد پرورده برای مخزن‌ها و همچنین شرایط محیطی از قبیل رطوبت و عناصر غذایی در هنگام پر شدن دانه‌ها می‌باشد. لذا هر چه تعداد مخازن کمتر باشد سهم هر مخزن از مواد پرورده موجود افزایش می‌یابد و در نتیجه دانه‌ها درشت‌تر و وزن آن‌ها افزایش می‌یابد (Baqual et al., 2006). تعداد خوشه در بوته ارزن در کشت مخلوط بیش از تعداد آن در تک‌کشتی بود. میزان افزایش تعداد خوشه در بوته ارزن در تیمارهای 50S: 50M و 25S: 75M و 75S: 25M در مقایسه با تیمار کشت خالص به ترتیب معادل 14/28، 11/11 و 18/86 درصد بود (جدول 5).

به نظر می‌رسد تراکم‌های پایین ارزن در کشت مخلوط فضایی بیشتری را در اختیار گیاه برای گسترش تعداد پنجه قرار داده است. کاهش رقابت درون گونه‌ای، توزیع مناسب‌تر نفوذ نور و استفاده بیشتر از نیتروژن به ویژه در نسبت‌های 75S: 25M و 50S: 50M وضعیت مناسبی برای تعداد خوشه در بوته ارزن فراهم کرده است.

وزن صد دانه ارزن تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط با سویا قرار نگرفت (جدول 5).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر الگوهای کشت مخلوط جایگزینی بر عملکرد بیولوژیک و دانه سویا و ارزن ($p \leq 0/01$) معنی‌دار بود، اما شاخص برداشت در هر دو گیاه تحت تأثیر الگوی کشت مخلوط قرار نگرفت (جدول 6).

جدول 5- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی بر اجزای عملکرد دانه سویا و ارزن

Table 5- The effect of different replacement intercropping patterns on yield components of soybean and millet

نسبت‌های کاشت Planting ratios	سویا Soybean			ارزن معمولی Millet	
	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن صد دانه (گرم) 100- Seed weight (g)	تعداد خوشه در بوته Number of panicles per plant	وزن صد دانه (گرم) 100- Seed weight (g)
100S: 0M	34.8 ^a	90.55 ^b	14.2 ^a		
0S: 100M				6.31 ^b	0.652 ^a
75S: 25M	36.3 ^{bc}	104.2 ^a	13.3 ^b	7.5 ^a	0.64 ^a
50S: 50M	38.2 ^a	115.5 ^a	12.9 ^b	7.2 ^a	0.64 ^a
25S: 75M	37.3 ^{ab}	102.9 ^a	13.3 ^b	7.0 ^a	0.64 ^a

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

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت سویا و ارزن

Table 6- Analysis of variance (mean squares) for biological yield, grain yield, harvest index (HI) in different replacement intercropping patterns of soybean and millet

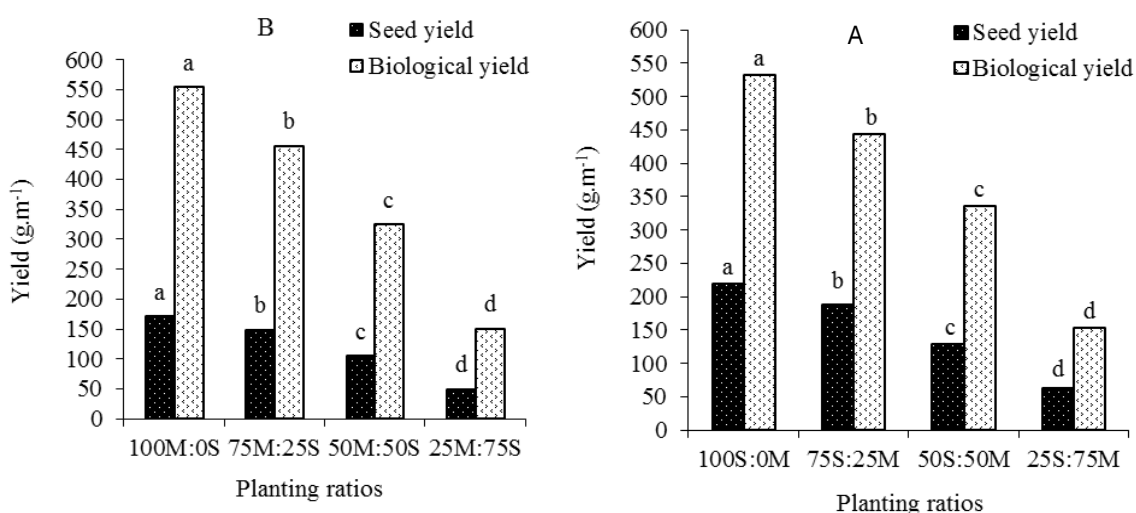
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	سویا Soybean			ارزن معمولی Millet		
		عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت HI	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت HI
تکرار Replication	2	1442.5 ^{ns}	107.57 ^{ns}	24.89*	277.66 ^{ns}	9.313 ^{ns}	1.957 ^{ns}
کشت مخلوط Intercropping	3	80384*	14203**	8.134 ^{ns}	91165.72**	8679.61**	2.066 ^{ns}
خطا Error	6	452.94	63.83	4.51	575.21	6.828	1.874
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.81	5.33	5.19	6.44	2.191	4.23

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

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

کشت مخلوط افزایش عملکرد آن را به دنبال داشت. توسلی و همکاران (Tavassoli et al., 2010) نیز در مطالعه ارزن و لوبیا قرمز، مشاهده کردند که عملکرد دانه ارزن و لوبیا در کشت خالص بیشتر از کشت‌های مخلوط بود. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای با لوبیا چشم‌بلبلی، بالا بودن عملکرد دانه ارزن دانه‌ای در کشت خالص را بیشتر از مخلوط گزارش کرده‌اند.

در بین الگوهای کشت مخلوط، بیشترین عملکرد بیولوژیک در کشت خالص سویا و ارزن به ترتیب با 532 و 554 گرم ماده خشک در مترمربع، به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه نیز در کشت خالص سویا و ارزن به ترتیب با 219 و 172 گرم دانه در مترمربع، مشاهده شد (شکل 1). افزایش نسبت هر یک از دو گیاه ارزن و سویا در سطوح مختلف



شکل 1- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی بر عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه سویا (A) و ارزن (B)

Fig. 1- The effect of different replacement intercropping patterns of soybean and millet on the biological and seed yield of soybean (A) and millet (B)

جدول 7- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تراکم بوته، شاخص تنوع شانون علف‌های هرز و تنفس خاک در کشت مخلوط جایگزینی سویا و ارزن

Table 7- Analysis of variance (mean squares) of weed density, Shannon- Weiner index and soil respiration at replacement intercropping of soybean and millet

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تراکم بوته علف‌های هرز Weed density	شاخص شانون - وینر Shannon-Weiner index	تنفس خاک Soil respiration
تکرار Replication	2	3.2000 ^{ns}	0.00456 ^{ns}	1.246*
کشت مخلوط Intercropping	4	120.567**	0.5914**	6.906**
خطا Error	8	3.1166	0.0498	0.1504
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		11.46	21.21	1.73

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

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

مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی سویا و ارزن به ترتیب 4/59 و 8/14 درصد بودند (جدول 8). آزاد شدن دی‌اکسیدکربن شاخصی از تجزیه مواد آلی و یا فعالیت موجودات خاکزی در یک اکوسیستم می‌باشد (Garcia Orenes et al., 2007). کشت مخلوط باعث افزایش معدنی شدن و همین‌طور جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک شده و همزمان بهبود تهویه خاک و در نتیجه افزایش انتشار گاز دی‌اکسید را به دنبال داشته است. شاید یکی از دلایل افزایش تنفس خاک در کشت مخلوط، تنوع بیشتر گیاهان و تجمع مواد آلی و افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها در خاک باشد.

نسبت برابری زمین به عنوان یک شاخص مهم جهت ارزیابی کارایی کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد. نتایج این آزمایش نشان داد که در تمام نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی ارزن و سویا مقدار این شاخص بیشتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده سودمندی اجرای این الگوی کشت مخلوط در افزایش بهره‌وری از منابع می‌باشد (جدول 9). نتایج نشان داد که تیمار 50S: 50M بالاترین نسبت برابری زمین (1/20) را به خود اختصاص داد که معادل 20 درصد افزایش سودمندی زراعی نسبت به کشت خالص دو گونه بود. علی‌زاده و همکاران (Alizadeh et al., 2010) در کشت مخلوط ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و لوبیا نشان دادند که تقریباً تمامی تیمارهای کشت مخلوط بر کشت خالص آن‌ها برتری دارد، به طوری که بالاترین نسبت برابری زمین را برابر 1/22 گزارش کردند، که 22 درصد افزایش سودمندی نسبت به تک‌کشتی دو گونه داشت.

اثر الگوهای مختلف کشت جایگزینی بر تراکم بوته، شاخص تنوع شانون - وینر علف‌های هرز و تنفس خاک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید (جدول 7).

تک‌کشتی سویا با 34 بوته در مترمربع، بیشترین تراکم بوته علف‌های هرز را در واحد سطح به خود اختصاص داد و با افزایش نسبت ارزن در کشت مخلوط از میزان تراکم علف‌های هرز کاسته شد (جدول 8). میزان کاهش تراکم کل بوته علف‌های هرز در الگوی 50S: 50M و 75S: 25M در مقایسه با تک‌کشتی سویا به ترتیب معادل 43/25 و 34/62 درصد بود. قنبری و همکاران (Ghanbari et al., 2010) در کشت مخلوط ارزن دانه‌ای با لوبیا چشم‌بلبلی نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند.

با افزایش نسبت ارزن در کشت مخلوط، شاخص تنوع علف‌های هرز به طور معنی‌داری کاهش یافت. بیشترین مقدار شاخص تنوع شانون - وینر در تک‌کشتی سویا و 75S: 25M به ترتیب به میزان 1/70 و 1/59 به دست آمد. میزان کاهش تنوع شانون - وینر در تیمارهای 50S: 50M و 25S: 75M نسبت به تک‌کشتی سویا به طور متوسط معادل 42/05 درصد بود (جدول 8).

به نظر می‌رسد که کشت گیاهان علوفه‌ای در کشت مخلوط نتیجه مطلوبی در کنترل علف‌های هرز خواهد داشت. پس می‌توان نتیجه گرفت در صورت انتخاب صحیح اجزای مخلوط و تراکم مناسب برای هر یک از آن‌ها، می‌توان از این شیوه برای مدیریت علف‌های هرز با تکیه بر اصول کشاورزی پایدار بهره برد.

بیشترین مقدار تنفس خاک در الگوهای مختلف کشت مخلوط حاصل شد. میزان افزایش تنفس خاک در نسبت‌های مختلف کشت

جدول 8- مقایسه میانگین تراکم بوته، شاخص تنوع شانون - وینر علف‌های هرز و تنفس خاک در کشت مخلوط جایگزینی سویا و ارزن معمولی

Table 8- Mean comparison of weed density, Shannon-Weiner index and soil respiration at replacement intercropping patterns of soybean and millet.

نسبت‌های کاشت Planting ratios	تراکم بوته علف‌های هرز (بوته در مترمربع) Plant density (plant.m ⁻²)	شاخص شانون - وینر Shannon-Weiner index	تنفس خاک (میلی گرم دی‌اکسیدکربن در کیلوگرم خاک در روز) Soil respiration (mgCO ₂ .kg ⁻¹ soil.day ⁻¹)
100S: 0M	34.66 ^a	1.70 ^a	51.77 ^b
75S: 25M	31.33 ^{ab}	1.59 ^a	54.49 ^a
50S: 50M	19.67 ^c	0.99 ^c	53.83 ^a
25S: 75M	22.66 ^c	0.98 ^c	53.90 ^a
0S: 100M	28.00 ^{bc}	1.29 ^b	50.00 ^c

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

* Means followed by the same letters in each column are not significantly different, according to Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

اسپرس، اظهار داشتند که طی چهار سال متوالی کشت، هیچ یک از دو گونه در مخلوط افت عملکرد نشان ندادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط در همه نسبت‌های مخلوط دارای اصل تولید حمایتی است، به عبارت دیگر مساعدت (هم‌افزایی) در کلیه تیمارها وجود داشت.

نتایج بررسی داده‌های آزمایشی بر اساس شاخص غالبیت نشان داد که در تمام الگوهای کشت مخلوط گیاه ارزن نسبت به گیاه سویا دارای غالبیت بالاتری بود و قدرت رقابتی بیشتری داشت. نتایج مشابهی در خصوص برتری غلات (ذرت و سورگوم) و ارزن مرابردی به لحاظ شاخص درجه تهاجمی در کشت مخلوط غلات و بادام‌زمینی گزارش شده است (Ghosh, 2004).

محاسبه افت واقعی عملکرد در مورد گونه‌های سویا و ارزن نشان داد که هیچ یک از ترکیب‌های کشت مخلوط مورد بررسی افت عملکرد نداشتند. در این پژوهش افزایش 39 درصدی عملکرد ارزن و سویا در تیمار 50S: 50M نسبت به کشت خالص آن بیان‌گر سودمندی الگوی کشت مذکور در استفاده بهینه از منابع موجود با حداقل رقابت بین گونه‌ای و درون‌گونه‌ای است (جدول 9). برآورد شاخص افت واقعی عملکرد علاوه بر بررسی رقابت بین‌گونه‌ای، با در نظر گرفتن عملکرد هر گیاه، وضع هر یک از اجرای مخلوط را با جزئیات دقیق‌تری بیان می‌کند. این شاخص با علامت مثبت بیانگر سودمندی مخلوط به تک‌کشتی بر پایه عملکرد هر گیاه است (Yilmaz et al., 2008). در همین راستا ژو و همکاران (Xu et al., 2008) در بررسی چندساله کشت مخلوط نوعی ارزن علوفه‌ای و

جدول 9- نسبت برابری زمین، ضریب غالبیت و افت واقعی عملکرد در الگوهای مختلف کشت جایگزینی مخلوط سویا و ارزن

Table 9- The land equivalent ratio (LER), aggressivity (A) and actual yield loss (AYL) in different replacement intercropping patterns of soybean and millet

نسبت‌های کاشت Planting ratios	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio (LER)	ضریب غالبیت Aggressivity		افت واقعی عملکرد Actual yield loss		
		A Soybean	A Millet	AYL Soybean	AYL Millet	AYL Total
25S: 75M	1.159	-0.026	0.026	0.137	0.163	0.300
75S: 25M	1.200	-0.055	0.055	0.172	0.227	0.399
50S: 50M	1.143	-0.004	0.004	0.156	0.160	0.316

رقابتی در کشت مخلوط مشخص گردید، که ارزن و سویا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط، افت واقعی عملکرد نداشتند. بررسی شاخص غالبیت نشان داد که در همه الگوهای کشت مخلوط، ارزن گیاه غالب بود، که این نتیجه بیانگر توانایی رقابتی بیشتر ارزن نسبت به بقولات و در نتیجه جذب بیشتر منابع محیطی توسط آن

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که در الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی ارزن و سویا مقدار نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این امر نشان‌دهنده سودمندی اجرای این الگوی کشت مخلوط در افزایش بهره‌وری از منابع می‌باشد. با برآورد شاخص‌های

یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف نهاده‌های خارجی است که در بلندمدت می‌تواند منجر به کاهش نیاز سیستم‌های زراعی به نهاده‌های شیمیایی در راستای کشاورزی پایدار شود.

می‌باشد. همچنین، با افزایش تنوع گونه‌های زراعی و افزایش رقابت بین گونه‌های زراعی و علف‌های هرز، تخصیص منابع و توزیع آن‌ها بین گونه‌های زراعی با کارایی بیشتری صورت گرفته، لذا از تنوع و تراکم علف‌های هرز کاسته شد. بنابراین، استفاده از کشت مخلوط

منابع

- 1- Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean with sweet basil. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(2): 541-553. (In Persian with English Summary)
- 2- Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration. In Page, A.L., and Miller, R.H. (Eds.). *Methods of Soil Analysis Part II. chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy. Madison p. 831-871.
- 3- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Journal of Plant Physiology* 24: 1-15.
- 4- Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*Triticum aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. *Journal of Agronomy and Crops Science* 176: 289-294.
- 5- Banik, P., Mydia, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping system in an additive series experiment: advantage and weed smothering. *European Journal of Agronomy* 24: 325-333.
- 6- Baqual, M.F., and Das, P.K. 2006. Influence of biofertilizers on macronutrient uptake by the mulberry plant and its impact on silkworm bioassay. *Caspian Journal of Environmental Sciences* 4: 98-102.
- 7- Baributsa, D.N., Foster, E.F., Thelen, K., Kravchenko, D.R., and Ngouajio, M. 2008. Corn and cover crop response to corn density in an interseeding system. *Agronomy Journal* 100: 981-987.
- 8- Booth, B.D., Murphy, S.D., and Swanton, C.J. 2003. *Weed ecology in natural and agricultural systems* CABI Publishing 303 pp.
- 9- Darbaghshahi, M.N., Banitaba, A., and Bahari, B. 2012. Evaluating the possibility of saffron and chamomile mixed culture. *African Journal of Agricultural Research* 7(20): 3060-3065.
- 10- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of vetch and cereal intercrops in two ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- 11- Echarte, L., Della Maggiora, A., Cerrudo, D., Gonzalez, V.H., Abbate, P., Cerrudo, A., Sadras, V.O., and Calvino, P. 2011. Yield response to plant density of maize and sunflower intercropped with soybean. *Field Crops Research* 121: 423-429.
- 12- Egli, D.B., and Bruening, W.P. 2005. Shade and temporal distribution of pod production and set in soybean. *Crop Science* 45: 1764-1769.
- 13- Eslami Khalili, F., Pirdashti, H., and Motaghian, A. 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. *Journal of Agroecology* 3(1): 94-105. (In Persian with English Summary)
- 14- Garcia Orenes, F., Roldan, A., guerrero, C., Mataix Solera, J., Navarro Pedreno, J., Gomez, I., and Mataix Beneyto, J. 2007. Effect of irrigation on the survival of total coliforms in three semiarid soils after amendment with sewage sludge. *Waste Management* 27(12): 1815-1819.
- 15- Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A. 2010. Evaluation of ecophysiological characteristics of intercropping of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Journal of Agroecology* 4: 556-564. (In Persian with English Summary)
- 16- Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. *Field Crops Research* 88: 227-237.
- 17- Ghosh, P.K., Manna, M., Bandyopadhyay, K., Ajay, A., Tripathi, A., 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.
- 18- Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., Jahansouz, M.R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in

- intercropping system. Pajouhesh and Sazandegi 59: 60-67. (In Persian with English Summary)
- 19- Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* M.). Iranian Journal of Field Crops Research 6(1): 67-78. (In Persian with English Summary)
 - 20- Javanshir, A., Dabbagh, A., and Hamidi, A. 2000. The ecology of intercropping. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press. (In Persian)
 - 21- Lithourgidis, A.S., Vlachostergios, D.N., Dordas, C.A., and Damalas, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea-cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287-294.
 - 22- Lin, C.W., Chen, Y.C., Huang, J., and Tu, T. 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. Chinese Journal of Ecology 26: 989- 994.
 - 23- Maffei, M., and Mucciarelli, A. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.
 - 24- Mazaheri, D., Pasarive, S., and Peyghambari, A. 2002. Study and investigation growth analysis in monoculture and multicultural of soybean cultures. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 54: 37-54. (In Persian with English Summary)
 - 25- Mohammed, I.B., Olufajo, O., Singh, B., Miko, S., and Mohammed, S.G. 2008. Growth and development of components of millet/cowpea intercrop in northern Nigeria. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science 3: 7-13.
 - 26- Mushagalusa, G.N., Ledent, J.F., and Draye, X. 2008. Shoot and root competition in potato/maize intercropping: effects on growth and yield. Environmental and Experimental Botany 64: 180-188.
 - 27- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture Ecosystems and Environment 109: 48-58.
 - 28- Raei, Y., Bolandnazar, S.A., and Dameghsi, N. 2011. Evaluation of common bean and potato densities effects on potato tuber yield in mono-cropping and intercropping systems. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(2): 131-142. (In Persian with English Summary)
 - 29- Redfearn, D.D., Dwayne, R.B., and Devine, T.E. 1999. Sorghum intercropping effects on yield, morphology, and quality of forage soybean. Crop Science 39: 1380-1384.
 - 30- Rezvan Beydokhti, S. 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. MSc thesis, College of Agriculture, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
 - 31- Safari, F. 2007. Effect of planting date and plant density on yield of millet MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Gorgan, Iran. (In Persian with English Summary)
 - 32- Shahmoradi, S. 2003. Effects of drought stress on the quantity and quality of soybean cultivars and advanced lines. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
 - 33- Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian Mashhadi, H., and Peyghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping maize and foxtail millet on their grain yield and weeds control. Iranian Journal of Crop Sciences 10: 31-46. (In Persian with English Summary)
 - 34- Sirousmehr, A., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoye, F., and Moghaddam, M. 2003. Pearl millet and common vetch intercropping. Journal of Biaban 2: 250-263. (In Persian with English Summary)
 - 35- Shivaraum, H.S., and Shivashankar, K. 1994. A new approach of canopy architecture in assessing complementarily of intercrops. Indian Journal of Agronomy 39: 179-187.
 - 36- Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of and bean in intercropping. Iranian Journal of Agronomy Research 8(2): 96-114. (In Persian with English Summary)
 - 37- Thorsted, M.D., Olesen, J.E., and Weiner, J. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/clover intercropping. Field Crops Research 95: 280-290.
 - 38- Xu, B., Shan, L., Zhang, S., Deng, X., and Li, F. 2008. Evaluation of switch grass and sainfoin intercropping under 2:1 row-replacement in semiarid region, northwest China. African Journal of Biotechnology 7(22): 4056-4067.
 - 39- Yilmaz, S., Atak, M., and Erayman, M. 2008. Identification of advantages of maize-legume intercropping over solitary cropping through competition indices in the East Mediterranean region. Turkish Journal of Agricultural and Forestry 32: 111-119.



Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.)

G. Ahmadvand^{1*} and S. Hajinia²

Submitted: 24-01-2015

Accepted: 15-04-2015

Ahmadvand, G., and Hajinia, S. 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of Soybean (*Glycine max* L.) and Millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498.

Introduction

Intercropping is a multiple cropping practices involve growing two or more crops together. The most common goal of intercropping is to produce a greater yield on a given piece of land by making use of resources that would otherwise not be utilized by a single crop. Intercropping is one of the ways that causes more stability and increases protection and security in ecological farming systems. Intercropping is an agronomic practice that lubricity movement towards ecological agronomic system, increases the efficiency of resources (Mushagalusa et al., 2008) and yield stability. Intercropping is a sustainable practice used in many developed and developing countries and an essential element of agricultural sustainability. Many intercropping systems have proved to be better than sole crops in terms of yield because intercropping makes better use of agricultural resources and reduces interference of weeds. Muhammad et al. (2008) reported that intercropping of millet (*Pennisetum glaucum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) is the most predominant cropping system in the Sudan and Sahelian zones of West Africa. Millet is the staple diet while cowpea serves as a source of vegetable protein. Considering the importance of intercropping towards sustainable agriculture this study aimed to determine the best combination of soybean and millet in mixed cropping to optimal use of available resources with minimum crops competing with each other.

Materials and methods

In order to study the effects of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.) replacement intercropping on agronomic traits and weed species diversity, an experiment was conducted at the Research Station of Agricultural Faculty, of Bu-Ali Sina University, in 2014. The experiment was carried out as a randomized complete block design with three replications. The replacement intercropping series consisted of monoculture of soybean, monoculture of millet, 75% soybean+ 25% millet, 50% soybean+ 50% millet and 25% soybean+ 75% millet.

Weed diversity was calculated using Shannon- Weiner diversity index (Equation 1).

$$\text{Equation (1)} \quad H = -\sum_{i=1}^S [P_i \ln(P_i)] \quad , \quad P_i = \frac{n_i}{N}$$

Where N is the number of individuals, n_i is the number of individuals related species i and S is number of species.

Biological and grain yield were determined at the end of growing season. Before harvesting, plant height, LAI max, total chlorophyll, number of pods per plants, number of soybean seeds per plant, number of millet panicles per plant and 100 seed weights were measured in 5 randomly selected plants. Analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed.

Land Equivalent Ratio (LER), Aggressiveness and Actual Yield Loss (AYL) were calculated as follows (Dhima et al., 2007).

$$\text{Equation (2)} \quad \text{LER} = \frac{Y_{sm}}{Y_{ss}} + \frac{Y_{ms}}{Y_{mm}}$$

$$\text{Equation (3)} \quad A_{\text{soybean}} = \frac{Y_{sm}}{Y_{ss} \times Z_{sm}} - \frac{Y_{ms}}{Y_{mm} \times Z_{ms}} \quad A_{\text{millet}} = \frac{Y_{ms}}{Y_{mm} \times Z_{ms}} - \frac{Y_{sm}}{Y_{ss} \times Z_{sm}}$$

1 and 2- Associate Professor, Department of Agronomy Agronomy and Department of Agronomy and PhD Student in Crop Physiology, Faculty of Agriculture, University of Bu-Ali sina, Hamedan, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: gahmadvand@basu.ac.ir)

$$\text{Equation (4) } AYL_{\text{soybean}} = \left(\frac{Y_{sm}}{Z_{sm}} \right) - 1 \quad AYL_{\text{millet}} = \left(\frac{Y_{ms}}{Z_{ms}} \right) - 1$$

$$AYL = AYL_{\text{soybean}} + AYL_{\text{millet}}$$

Where Y_{sm} and Y_{ss} are the grain yields of intercropped and sole soybean, and Y_{ms} and Y_{mm} are the grain yields of intercropped and sole millet, respectively. Z_{sm} and Z_{ms} are the mixing ratio of soybean and millet, respectively.

Results and discussion

The results showed that the highest seed yield of 219.8 and 171.9 g.m⁻² belonged to monoculture of soybean and monoculture of millet, respectively. Intercropping reduced maximum leaf area index of soybean and millet but leaf chlorophyll content of soybean and millet were increased. The highest number of pods per plant, number of seeds per plant of soybean and panicle number per plant of millet were obtained in 50S:50M ratio. Mean soil respiration rate in intercropping treatments was 4% and 8 % higher than that of monoculture of soybean and millet, respectively. Tavassoli et al. (2010) in a millet and common bean intercropping system, showed that grain yields of intercropped millet and common bean were significantly higher than those of millet and common bean in the corresponding sole cropping.

Intercropping patterns of 50S:50M and 25S:75M were successful in reducing weed plant density and diversity in comparison with soybean sole cropping.

For all intercropping treatments, land equivalent ratio (LER) was more than one. Maximum value of LER (2.20) was achieved in 50S:50M intercropping. Soybean and millet intercropping at different levels of replacement did not have actual yield loss. Calculating the aggressiveness showed that millet was more dominate than soybean. The maximum relative crowding coefficient of soybean was observed in 75S:25M, however that of millet was obtained in 25S:75M and 50S:50M intercropping indicating that millet is more competitor than soybean.

Conclusion

Land utilization indices such as land equivalent ratio, relative crowding coefficient and aggressiveness indicated that intercropping of soybean and millet in comparison to sole cropping, increased economic usage of land in different mixed proportions. According to above mentioned indices the best proportion of soybean and millet intercropping was 50:50. Aggressiveness index of components showed that millet was more dominant than soybean.

Keywords: Competition index, Diversity index, Land equivalent ratio

References

- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of vetch and cereal intercrops in two ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- Mohammed, I.B., Olufajo, O., Singh, B., Miko, S., and Mohammed, S.G. 2008. Growth and development of components of millet/cowpea intercrop in northern Nigeria. *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science* 3: 7-13.
- Tavassoli, A., Ghanbari, A., Ahmadi, M.M., and Heydari, M. 2010. The effect of fertilizer and manure on forage and grain yield of and bean in intercropping. *Iranian Journal of Agronomy Research* 8(2): 96-114. (In Persian with English Summery)

اثر منابع مختلف کود بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی

احمد قاسمی^{1*}، احمد قنبری²، براتعلی فاخری³ و حمید رضا فنایی⁴

تاریخ دریافت: 1393/11/11

تاریخ پذیرش: 1394/06/09

قاسمی، ا.، قنبری، ا.، فاخری، ب.ع.، و فنایی، ح.ر.، 1394. اثر منابع مختلف کود بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف خاک‌ورزی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 499-512.

چکیده

در راستای توسعه کشاورزی پایدار، آزمایشی شامل خاک‌ورزی به عنوان عامل اصلی در دو سیستم متداول (شخم و مخلوط کردن کود با خاک) و بی‌خاک‌ورزی (سم‌پاشی کود سبز و کشت مستقیم ذرت (*Zea mays* L.)) و منابع کود: T₁: کود سبز جو، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی توصیه شده (NPK) به جو شامل اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب به میزان 75، 90، 165 کیلوگرم در هکتار، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقیمانده به ذرت، T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی و T₇: شاهد (بدون مصرف کود) به عنوان عامل فرعی به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیستان طی دو سال زراعی 1392-93 اجرا گردید. زمان برگرداندن جو به خاک در مرحله خوشه‌دهی بود. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه، طول بلال و عملکرد دانه و شاخص برداشت بود. نتایج نشان داد که منابع کود و خاک‌ورزی اثر معنی‌دار بر ارتفاع بوته، طول بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و عملکرد دانه در هکتار داشت. بیشترین عملکرد دانه در خاک‌ورزی متداول و در تیمار T₅ با میانگین 8471 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منبع کود نشان داد که بیشترین عملکرد در سال دوم در خاک‌ورزی متداول و در تیمار T₅ با میانگین عملکرد 9400 کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بر اساس نتایج، مخلوط کود سبز، دامی و شیمیایی همراه با خاک‌ورزی متداول جهت دسترسی به عملکرد بالا در راستای توسعه کشاورزی پایدار می‌توان مدنظر قرار داد.

واژه‌های کلیدی: جو، بی‌خاک‌ورزی، شاخص برداشت، طول بلال، وزن هزار دانه

مقدمه

بی‌رویه کودهای شیمیایی، به خصوص کود نیتروژن و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر است. کود شیمیایی اگرچه روش متداول جهت حاصلخیزی خاک می‌باشد، اما بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی را که عامل مهمی برای مدیریت پایدار خاک جهت افزایش رشد محصول و عملکرد آن می‌باشد را به دنبال دارد. یک راه حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاک‌های زراعی کشور، استفاده از کودهای آلی از قبیل کود حیوانی و سبز می‌باشد (Nuralvandy, 2011).

ماده آلی کلید حاصلخیزی و باروری خاک است. برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ شود. متأسفانه سطح مواد آلی خاک‌های زراعی کشور عمده‌تاً کمتر از یک درصد است که این امر معلول مصرف

1، 2 و 3 - به ترتیب دانشجوی دکتری، استاد گروه زراعت، دانشیار گروه اصلاح نباتات دانشگاه زابل و استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیستان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: ghasemiahmad@yahoo.com)

کود سبز به عنوان یک عامل مؤثر در اصلاح، افزایش قابلیت

میزان 60 تن در هکتار باعث افزایش وزن ماده خشک اندام هوایی و همچنین افزایش وزن هزار دانه در ذرت شد (Mentler et al., 2002). آنا و همکاران (Anna et al., 2012) در بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی گزارش کردند کود شیمیایی بیشترین عملکرد دانه را در ذرت تولید نمود. پیمنتل (Pimentel, 1993) اعلام کرد که در سال اول 40 درصد از نیتروژن آلی و 80 درصد از آمونیوم کود دامی قابل جذب می‌باشد و اگر هر سال کود دامی در مزرعه مصرف گردد، سالانه 75 درصد کل نیتروژن آن برای گیاه قابل استفاده خواهد بود. علی‌رغم آن که بخش عمده‌ای از فعالیت تولیدی کشاورزی، خاک‌ورزی را شامل می‌شود، تحقیقات انجام شده در این مورد در منطقه بسیار ناچیز و اکثر اطلاعات موجود نیز حاصل تلاش‌های تجربی است. همچنین تغییرات جدی در ساختمان و بافت خاک‌های منطقه ناشی از مصرف مداوم و بیش از اندازه کود شیمیایی از یک سو و از طرفی هزینه بالای کودهای شیمیایی ضرورت توجه به کاربرد منابع کودی که ضمن بهبود کیفیت خاک و حفظ محیط زیست هزینه کمتری را نیز به دنبال داشته باشد از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. لذا این آزمایش با هدف بررسی اثر منابع مختلف کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای تحت تأثیر مدیریت مختلف خاک‌ورزی در شرایط منطقه سیستان تدوین و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی سیستان با عرض جغرافیایی 30/54 و طول جغرافیایی 61/41 و با ارتفاع 483 متر از سطح دریا به مدت دو سال زراعی 1392 و 93 اجرا گردید. محل انجام آزمایش دارای آب و هوای بسیار خشک با تابستان بسیار گرم و زمستان ملایم بود. پیش از کاشت، نمونه‌ای مرکب از خاک مزرعه برداشت شد. تجزیه‌های فیزیکوشیمیایی خاک و همچنین کود دامی و کود سبز در جدول‌های 1، 2 و 3 نشان داده شده است. آزمایش به صورت یک‌بار کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. خاک‌ورزی به عنوان عامل اصلی شامل خاک‌ورزی متداول (شخم و مخلوط کردن کود سبز، دامی و شیمیایی با خاک) و بی‌خاک‌ورزی (باقی گذاشتن بقایای جو بر سطح خاک) و منابع کودی به عنوان عامل فرعی شامل: T₁: کود سبز جو بدون مصرف کود دامی و شیمیایی، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی به گیاه جو در مرحله کاشت، پهنه‌دهی و

نگهداری و حفظ آب و خاک و تأمین‌کننده بسیاری از عناصر غذایی خاک می‌باشد (Tajbakhsh et al., 2005). کود سبز باعث افزایش مواد آلی خاک شده که این پدیده در نتیجه فرآیندهای میکروبیولوژی اتفاق افتاده و باعث آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شود (Campbel et al., 1992; Talgre et al., 2009). کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی می‌تواند موجب حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول شود. زیرا این سیستم بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش خواهد داد (Parmar & Sharma, 1998; Eghbal et al., 1995). گیاهان کود سبز به حاصلخیزی خاک کمک می‌کنند، اما به همراه کود شیمیایی نیتروژن باعث عملکرد بیشتر و با کیفیت بهتر از طریق ایجاد تنوع در منابع عناصر غذایی ضروری گیاه و همچنین افزایش ظرفیت جذب ذرت (*Zea mays* L.) می‌گردند (Fageria, 2007). کاربرد توأم کود شیمیایی و دامی علاوه بر کاهش میزان مصرف کود شیمیایی و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، افزایش عملکرد دانه در ذرت، برنج (*Oriza sativa* L.) و نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) حاصل شد. همچنین کود دامی همراه با اوره، بازیافت نیتروژن و کارایی مصرف آن را بالا برد (Majidian et al., 2009; Sakurai & Kokhkar, 2005). مصرف کود دامی در مقایسه با شاهد با افزایش تعداد دانه در بلال و وزن بلال باعث افزایش عملکرد دانه گردید (Yazdani et al., 2009). امید و همکاران (Omidi et al., 2006) گزارش کردند غلظت نیتروژن در دانه و بقایا در سیستم بی‌خاک‌ورزی کمتر از خاک‌ورزی متداول به دست آمد. شرایط خاک تحت سیستم بی‌خاک‌ورزی اغلب نامناسب برای رشد ریشه ذرت در مقایسه با خاک‌ورزی متداول است. این شرایط باعث محدودیت در جذب آب توسط گیاه می‌گردد. این شرایط در ابتدای رشد ریشه بیشتر بوده و با گذر زمان تغییر پیدا می‌کند (Ruijun et al., 2006; Wilhelm et al., 1998). یوهارت و آندراد (Uhart & Andrade, 1995) گزارش کردند که کاربرد نیتروژن در زمان گل‌دهی منجر به افزایش تخصیص ماده خشک به بلال و در نهایت سرعت رشد بلال افزایش یافت. لائور (Laure, 1985) اظهار داشت که در زمین‌های زراعی حدود 42 درصد نیتروژن، 29 درصد فسفر و 57 درصد پتاسیم را با مصرف کود دامی تأمین کرد. این امر موجب به دست آوردن حداکثر عملکرد محصول شد و کارایی مصرف کودهای شیمیایی را نیز افزایش داد. افزایش کود دامی به

ساقه دهی، T₃: کود سبز جو با دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم باقی مانده به ذرت، T₅: کود سبز جو به همراه مخلوط

نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو به اضافه 40 تن کود دامی و T₇: شاهد (بدون مصرف کود) بود.

جدول 1- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Some physical and chemical characteristics of soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (درصد) (%)	فسفر P	پتاسیم K	آهن Fe	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	بور B
(میلی گرم در کیلوگرم) (ppm)										
لومی - شنی Loam-sandy	8.2	3	0.34	11	100	2.84	0.26	4.86	0.58	1.07

جدول 2- برخی خواص شیمیایی کود دامی

Table 2- Chemical characteristics of cattle manure

کربن آلی (درصد) OC (%)	فسفر کل (درصد) Total P (%)	پتاسیم کل (درصد) Total K (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	خاکستر (درصد) Ash (%)
22.86	0.80	1.89	2.33	36

جدول 3- درصد نیتروژن کل کود سبز جو در تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Total nitrogen percentage of barley green manure

	تیمار 1 T ₁	تیمار 2 T ₂	تیمار 3 T ₃	تیمار 4 T ₄	تیمار 5 T ₅	تیمار 6 T ₆	تیمار 7 T ₇
خاک‌ورزی Conventional tillage	2.07	2.24	2.16	2.27	2.33	2.17	-
بی‌خاک‌ورزی No tillage	1.98	2.16	2.09	2.18	2.26	2.04	-

T₁: کود سبز جو بدون استفاده از کود دامی و کود شیمیایی، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی (NPK) به جو، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی و T₇: شاهد (بدون مصرف کود)

T₁: Green barley manure without taking cow manure and chemical fertilizer, T₂: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T₃: Green barley manure with two- third chemical fertilizer for barley and the remaining one- third for maize, T₄: Green barley manure with one- third chemical fertilizer for barley and the remaining two- third for maize, T₅: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T₆: Green barley manure with 40 tons cow manure per hectare, T₇: Control (without using fertilizer)

با کاشت جو به خاک اضافه گردید. پس از پخش در سطح خاک با استفاده از بیل با خاک مخلوط شد. کشت گیاه جو در هر دو سال در اول آبان ماه صورت گرفت. در طی مدت کاشت تا زیر خاک نمودن جو مراقبت‌های لازم مانند آبیاری (در سه مرحله پنجه‌دهی، ساقه‌دهی و خوشه‌دهی) انجام شد. میزان بذر مورد نظر برای جو (رقم نیمروز) 150 کیلوگرم در هکتار بود. کشت جو به صورت دست‌پاش و با بیل

کود شیمیایی (سولفات پتاسیم، سوپر فسفات تریپل و اوره هر یک به میزان 75، 90 و 165 کیلوگرم در هکتار و براساس K₂O و P₂O₅ به ترتیب برابر 45 و 41/4 کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد. کود شیمیایی فسفر و پتاسیم به عنوان کود پایه به نسبت مورد نظر بلافاصله قبل از کاشت استفاده گردید. اوره به صورت تقسیط در سه مرحله کاشت، پنجه‌دهی و ساقه‌دهی استفاده شد. کود دامی هم زمان

انجام شد. با رسیدن گیاه جو به مرحله خوشه‌دهی، در 15 اسفند ماه در خاک‌ورزی متداول از روی سطح خاک برش و با استفاده از دستگاه چایر خرد شده و تمام زیست‌توده جو به کرت مورد نظر منتقل گردید. کود سبز به طور یکنواخت در سطح کرت پخش و به عمق 30 سانتی‌متر با بیل به خاک برگردانده شد. در سیستم بی‌خاک‌ورزی گیاه جو ابتدا با علف کش گراماکسون به میزان چهار لیتر در هکتار سم-پاشی شد و بذرها با ایجاد شیارهای بدون به هم خوردن بقایا با دست صورت گرفت. بوته‌های جو روی سطح خاک در حالت ایستاده خشک گردید. به علت بادهای موسمی (120 روزه) در منطقه و جلوگیری از جا به جایی کاه و کلس، برش انجام نگرفت. بوته‌ها توسط غلطک دستی به حالت خوابیده روی خاک قرار داده شدند. هر کرت فرعی شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر و به فاصله 50 سانتی‌متر از یکدیگر و فاصله روی ردیف 15 سانتی‌متر بود. رقم مورد استفاده ذرت هیبرید سینگل کراس 704 بود. در مرحله رسیدگی کامل، تعداد 10 بوته به طور تصادفی انتخاب شدند و صفات ارتفاع گیاه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، وزن هزار دانه، شاخص برداشت و طول بلال روی آن‌ها اندازه‌گیری شد. پس از حذف حاشیه، مساحت هشت مترمربع برای برآورد عملکرد نهایی دانه مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد دانه بر اساس رطوبت 14 درصد محاسبه گردید. جهت تجزیه و تحلیل از نرم‌افزار آماری SAS 9.2 استفاده گردید. برای تفکیک میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که خاک‌ورزی و منبع کود بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج و یک درصد تأثیر معنی‌دار دارد (جدول 4). ارتفاع گیاه در خاک‌ورزی متداول 4/59 درصد در قیاس با سیستم بی‌خاک‌ورزی افزایش نشان داد (جدول 5). برگرداندن کود سبز، دامی و شیمیایی به خاک علاوه بر افزایش فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک برای محصول بعدی باعث افزایش ماده آلی، خصوصیات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک می‌شود و می‌تواند باعث جذب عناصر نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد. محققان دیگر افزایش ارتفاع ذرت و جو را در نتیجه شخم متداول و مخلوط کردن بقایا با خاک بیان

کردند (Ghushchi et al., 2010; Hamzeie & Sayedi, 2014). کاهش ارتفاع در سیستم بی‌خاک‌ورزی را می‌توان چنین توجیه نمود که تراکم حجمی خاک در سطح بالایی خاک در شرایط بی‌خاک‌ورزی بالا می‌باشد. این حالت باعث استحکام بیشتر خاک نسبت به شخم متداول و کاهش جذب عناصر غذایی می‌شود و در نهایت رشد ریشه و ساقه کاهش می‌یابد. محققان دیگر (Chassot & Richner, 2002; Manxiang et al., 2015) نتایج مشابهی گزارش کردند.

منابع کود بر ارتفاع گیاه ذرت تأثیر مثبت داشت (جدول 5). اختلاف ارتفاع در شاهد و کود سبز بدون مصرف کود دامی و شیمیایی به ترتیب برابر 22/91 و 13/85 درصد نسبت به تیمار T₅ (مخلوط کود دامی، سبز و شیمیایی) بود (جدول 5). اختلاف کمتر ارتفاع در تیمار کود سبز نشان از تأثیر مثبت کود سبز بر خصوصیات رشدی گیاه در مقایسه با شاهد را دارد. نتایج این یافته با نتایج مؤمنی و همکاران (Momeni et al., 2014) که گزارش کردند کود سبز، باعث پویایی عناصر و رشد بهتر گیاه می‌شود مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که در مرحله رشد رویشی در تیمار T₅ (مخلوط کود دامی، شیمیایی و کود سبز)، تیمار T₄ (دو سوم کود شیمیایی به ذرت و یک سوم به کود سبز) و تیمار کود دامی در مقایسه با بقیه تیمارها دسترسی به عناصر غذایی به شکل آماده‌تری در اختیار گیاه قرار گرفته و افزایش ارتفاع در آن‌ها مشاهده شد (جدول 5). تیمار کود دامی چون که در طول زمان می‌تواند به تدریج عناصر کم‌مصرف و پرمصرف مورد نیاز را در اختیار گیاه قرار دهد در گروه دو تیمار دیگر قرار گرفته است. پژوهشگران دیگر نیز نتایج مشابه به دست آمده از این آزمایش را گزارش کرده‌اند (Ghanbari et al., 2007; Obi & Ebo, 1995). اثر متقابل خاک‌ورزی با منبع کود بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود (جدول 4).

وزن هزار دانه: تأثیر خاک‌ورزی بر وزن هزار دانه ذرت دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بود (جدول 4). در خاک‌ورزی متداول وزن هزار دانه 7/43 گرم بیشتر از بی‌خاک‌ورزی بود (جدول 5). در خاک‌ورزی متداول تجزیه میکروبی سریع‌تر اتفاق می‌افتد و عناصر غذایی آزاد شده در مجاورت ریشه گیاه وجود داشته و به راحتی در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و گیاه می‌تواند فتوسنتز بیشتری انجام داده و دانه‌ها را بهتر پر کند. تأثیر منابع کود بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول 4). وزن هزار دانه در تیمار T₅ در قیاس با شاهد 18/58 گرم بیشتر بود (جدول 5). تیمار T₅ باعث دستیابی به عملکرد

نیترژن وزن دانه نه تا 25 درصد و عملکرد دانه بین 14 تا 80 درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش نشان داد. هی و والکر (Hay & walker, 1998) اظهار داشتند، از آن‌جا که کود نیترژن موجب افزایش تولید ماده خشک و دوام سطح برگ می‌شود انتظار می‌رود دانه غلات با افزایش مصرف نیترژن سنگین‌تر شود. در مورد برهمکنش سال، خاک‌ورزی و منابع مختلف کود بیشترین وزن هزار دانه در تیمار سال دوم و در خاک‌ورزی متداول و در تیمار T₅ با میانگین 246 گرم حاصل شد (شکل 1). افزایش مواد آلی خاک ناشی از قابل دسترس شدن به واسطه تجزیه میکروبی از یک طرف و نبودن فرصت کافی برای تجزیه کامل در سال اول و باقی ماندن آن‌ها برای سال بعد می‌تواند در افزایش وزن هزار دانه دخیل باشد (Rezvantaleb et al., 2009).

بیشتر و با کیفیت بهتر از طریق ایجاد تنوع در منابع عناصر غذایی ضروری گیاه و همچنین ظرفیت جذب توسط ذرت شد. کاربرد کود سبز به همراه کود شیمیایی به آزادسازی تدریجی عناصر غذایی کمک کرده و باعث دستیابی به وزن هزاردانه بالاتر و در نهایت عملکرد مطلوب می‌شود (Fageria, 2007). میر (Mir, 2014) در بررسی‌های خود بیان کرد کود سبز جو باعث تأثیر مثبت بر وزن هزار دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.) شد و وزن هزار دانه را افزایش داد. منتلر و همکاران (Mentler et al., 2002) گزارش کردند که با افزایش کود دامی به میزان 60 تن در هکتار باعث افزایش وزن هزار دانه در ذرت شد. مصرف کود شیمیایی (T₄) موجب افزایش 15 گرم وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (جدول 5). یوهارت و اندروید (Uhart & Andrade, 1995) گزارش کردند که بر اثر کمبود

جدول 4- تجزیه واریانس اثرات منابع مختلف کودی بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای تحت مدیریت مختلف خاک‌ورزی
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of the effects of different fertilizer resource on yield and yield components of maize under different tillage management

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول بلال Ear length	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	وزن هزار دانه 1000- Grain weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
خاک‌ورزی Tillage	1	2211.44*	98.15**	1.64 ^{ns}	457.33**	1158.85**	48.762**	51302349**
سال × خاک‌ورزی Year × tillage	1	126.29 ^{ns}	1.14 ^{ns}	0.046 ^{ns}	55.048**	21*	8.04*	2452825.19**
خطا Error	4	154.11	0.324	0.703	0.798	2.393	0.405	32168.56
منبع کود Fertilizer resource	6	3297.85**	114.89**	0.362 ^{ns}	491.17**	491.31**	76.714**	39640261.40**
سال × منبع کود Year × fertilizer resource	6	70.13 ^{ns}	2.33**	0.244 ^{ns}	14.60**	24.159**	3.02**	516450.242**
خاک‌ورزی × منبع کود Tillage × fertilizer resource	6	25.41 ^{ns}	5.06**	0.157 ^{ns}	21.58**	20.802**	4.87**	2566965.63**
سال × خاک‌ورزی × منبع کود Year × tillage × fertilizer resource	6	25.99 ^{ns}	1.75**	0.273 ^{ns}	10.18**	6.056**	1.77*	572300.21**
خطا Error	48	57.54	0.541	0.241	0.675	0.97	28.57	14969.73
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		3.33	3.42	3.47	30.07	0.43	1.79	2.32

*, **, ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار
*, ** and ns: Are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

جدول 5- مقایسه عملکرد، اجزاء عملکرد و دیگر صفات مورد مطالعه ذرت دانه‌ای در منابع مختلف کودی و سیستم خاک‌ورزی

Table 4- Comparison of yield, yield components and other traits in different fertilizer sources and tillage

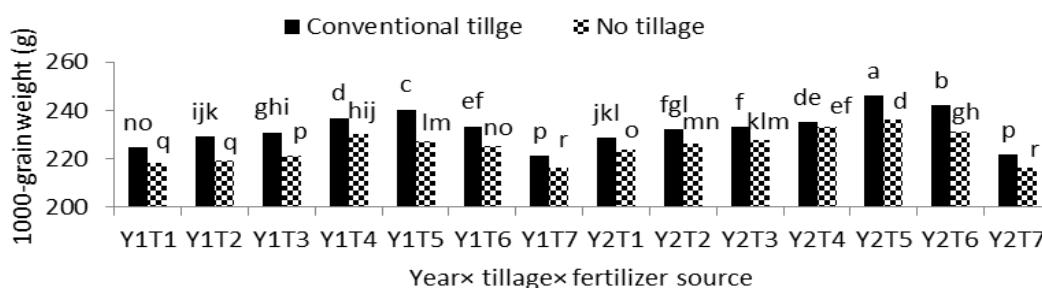
تیمار Treatment	سطوح تیمار Treatment levels	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول بلال (سانتی- متر) Ear length (cm)	تعداد ردیف در بلال Number of row per ear	تعداد دانه در ردیف Number of grain per row	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Grain weight (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg.ha ⁻¹)
خاک‌ورزی Tillage	CT	233.16 ^{a*}	22.85 ^a	14.27 ^a	29.09 ^a	232.45 ^a	43.78 ^a	6057.85 ^a
	NT	222.90 ^b	20.42 ^b	13.99 ^a	24.42 ^b	225.02 ^b	42.26 ^b	4494.85 ^b
منابع کود Fertilizer sources	T ₁	198.3 ^d	16.6 ^g	13.8 ^a	16.41 ^g	218.75 ^g	39 ^c	2097 ^g
	T ₂	214.08 ^c	18.1 ^f	14.2 ^a	20.08 ^f	223.75 ^f	40.5 ^{bc}	3465 ^f
	T ₃	228 ^b	21.2 ^e	14.02 ^a	26.41 ^e	226.50 ^e	42.41 ^{abc}	5561 ^e
	T ₄	230.83 ^b	21.9 ^d	14.21 ^a	28 ^d	228.25 ^d	43.50 ^{abc}	5762 ^d
	T ₅	240.25 ^a	24.08 ^b	14.3 ^a	32.25 ^b	233.75 ^b	44.83 ^{ab}	6566 ^b
	T ₆	243.75 ^a	24.9 ^a	14.03 ^a	33.75 ^a	237.33 ^a	46.08 ^a	7019 ^a
	T ₇	241 ^a	23.4 ^c	14.14 ^a	30.41 ^c	232.83 ^c	44.75 ^{ab}	6465 ^c
سال × خاک‌ورزی Year × tillage	Y ₁ CT	229.7 ^a	21.7 ^a	13.9 ^a	25.6 ^b	230.8 ^b	42.8 ^c	5460 ^b
	Y ₁ NT	217 ^a	19.8 ^a	13.7 ^a	22.6 ^c	222.3 ^d	40.6 ^d	4238 ^d
	Y ₂ CT	236.5 ^a	23.4 ^a	14.5 ^a	32.5 ^a	234 ^a	44.7 ^a	6656 ^a
	Y ₂ NT	228.7 ^a	21 ^a	14.2 ^a	26.2 ^b	227.6 ^c	43.8 ^b	4751 ^c

* میانگین‌های هر گروه در هر ستون و در یک حرف مشترک فاقد تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند.

* Similar letters in each column show non-significant at 5% level probability based on Duncan test.

CT: خاک‌ورزی متداول NT: بی‌خاک‌ورزی، T₁: کود سبز جو، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی (NPK) به جو، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی و T₇: شاهد (بدون مصرف کود)

CT: Conventional tillage, NT: no tillage, T₁: Green barley manure without taking cow manure and chemical fertilizer, T₂: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T₃: Green barley manure with two-third chemical fertilizer for barley and the remaining one-third for maize, T₄: Green barley manure with one-third chemical fertilizer for barley and the remaining two-third for maize, T₅: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T₆: Green barley manure with 40 tons cow manure per hectare, T₇: Control (without using fertilizer)



شکل 1- برهمکنش سال × خاک‌ورزی × منبع کود بر وزن هزار دانه ذرت

Fig. 1- Interaction of year × tillage × fertilizer source on maize 1000- grain weight

Y₁: سال اول، Y₂: سال دوم، T₁: کود سبز جو، T₂: کود سبز جو همراه با مصرف کامل کود شیمیایی (NPK) به جو، T₃: کود سبز جو به همراه دو سوم کود شیمیایی به جو و یک سوم باقی مانده به ذرت، T₄: کود سبز جو با یک سوم کود شیمیایی به جو و دو سوم به ذرت، T₅: کود سبز جو با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی، T₆: کود سبز جو با 40 تن کود دامی و T₇: شاهد (بدون مصرف کود)

Y₁: First year, Y₂: Second year, T₁: Green barley manure, T₂: Green barley manure with full use of chemical fertilizer for barley, T₃: Green barley manure with two-third chemical fertilizer for barley and the remaining one-third for maize, T₄: Green barley manure with one-third chemical fertilizer for barley and the remaining two-third for maize, T₅: Green barley manure with 50-50 mixture of cow manure and chemical fertilizer, T₆: Green barley manure with 40 tons cow manure per hectare, T₇: Control (without using fertilizer)

اختلاف معنی‌داری را بر طول بلال نشان دادند (جدول 4). طول بلال به آهنگ رشد بلال که مقصد قوی برای مواد فتوسنتزی می‌باشد وابسته است. چنانچه گیاه در این مرحله با کمبود مواد غذایی مواجه

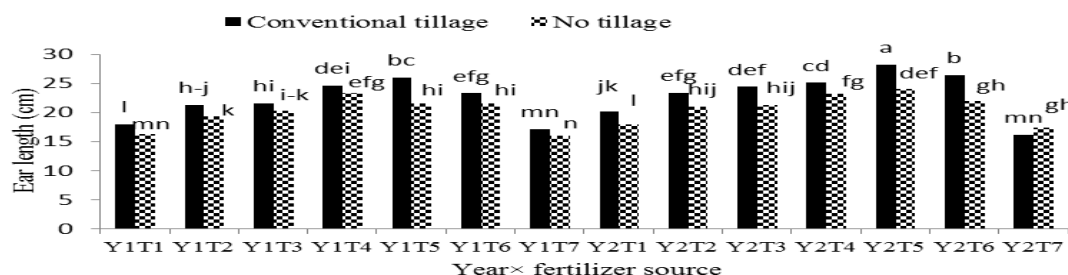
طول بلال: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر خاک-

ورزی، منابع مختلف کود، سال در منابع کود، خاک‌ورزی در منابع کود و اثر سال در خاک‌ورزی در منابع کود در سطح احتمال یک درصد

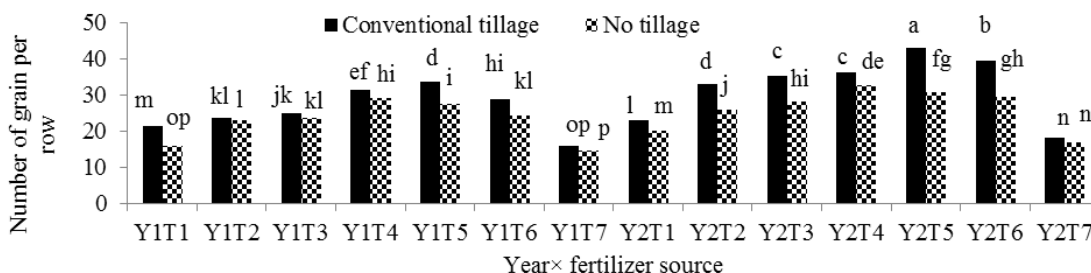
خوبی صورت گیرد و تعداد دانه در ردیف افزایش یابد مطابقت داشت. تعداد دانه در ردیف در خاک‌ورزی متداول نسبت به سیستم بی-خاک‌ورزی برتری داشت (جدول 5). در خاک‌ورزی متداول در سال‌های اولیه عناصر غذایی آسان‌تر در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. لذا میزان باروری و تبدیل گلچه‌ها به دانه بالاتر خواهد بود که اثرش تعداد دانه بیشتر در ردیف بود. چون در سیستم بی-خاک‌ورزی در منطقه مورد مطالعه رطوبت نسبی هوا پایین می‌باشد پوسیدگی کاه و کلش بر سطح خاک به کندی صورت می‌گیرد و عناصر غذایی در سال اول نمی‌تواند در اختیار گیاه قرار گیرد. گیاه در مرحله گرده-افشانی با کمبود مواد غذایی مواجه می‌شود و باروری کاهش می‌یابد. ویلهلم و همکاران (Wilhelm et al., 1992) اعلام داشتند که کاهش رشد ریشه در بی-خاک‌ورزی باعث کاهش جذب عناصر غذایی برای گیاه می‌شود و این تعداد دانه در بلال را کاهش می‌دهد و در نهایت عملکرد کاهش می‌یابد. بالاترین تعداد دانه در ردیف در سال دوم و در خاک‌ورزی متداول و در تیمار T₅ با میانگین تعداد دانه 43 دانه در ردیف به دست آمد (شکل 3). به نظر می‌رسد که فراهم بودن عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن و بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک باعث می‌گردد که شرایط گرده‌افشانی به نحو مطلوب‌تری انجام گیرد. به طوری که باروری گیاه با مشکل مواجه نشود و تعداد دانه در ردیف افزایش یابد.

نشود، رشد بلال مطلوب می‌شود. کودهای آلی خصوصاً کود دامی و کود سبز که علاوه بر مواد آلی از نظر عناصر غذایی نیز تأمین‌کننده هستند، در تمامی مراحل رشد گیاه همراه با کاربرد کود شیمیایی به صورت یکنواخت عناصر غذایی را در اختیار گیاه قرار داده و از کمبود عناصر غذایی جلوگیری می‌نمایند. این امر افزایش معنی‌دار طول بلال با کاربرد مخلوط کود دامی، شیمیایی و کود سبز را نسبت به شاهد توجیه می‌کند. نتایج این تحقیق با یافته‌های دیگران (Nuralvandi et al., 2011; Mazaheri & Majnunehosseni, 2007) مطابقت داشت. یوهارت و اندروید (Uhart & Andrade, 1995) گزارش کردند که افزایش میزان نیتروژن و عناصر غذایی در زمان گل‌دهی منجر به افزایش تخصیص ماده خشک به بلال و در نهایت افزایش سرعت رشد در بلال می‌گردد. مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2009) بیان کردند افزایش نیتروژن باعث افزایش وزن کل بلال، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه گردید. بالاترین طول بلال مربوط به سال دوم در خاک‌ورزی متداول و در تیمار شش با میانگین 28/23 سانتی‌متر به دست آمد (شکل 2).

تعداد دانه در ردیف: منابع مختلف کود بر تعداد دانه در ردیف دارای اختلاف معنی‌دار بود (جدول 4). در تیمار T₅ تعداد دانه 33/7 و در شاهد این تعداد به 16/41 عدد می‌رسد. نتایج این تحقیق با نتایج یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2009) که بیان نمودند، تأمین عناصر غذایی خصوصاً نیتروژن در ذرت باعث می‌شود گرده‌افشانی به



شکل 2- برهمکنش سال × خاک‌ورزی × منبع کود بر طول بلال ذرت دانه‌ای
Fig. 2- Interaction of year × tillage × fertilizer source on maize ear length



شکل 3- برهمکنش سال × خاک‌ورزی × منبع کود بر تعداد دانه در ردیف ذرت
Fig. 3- Interaction of year × tillage × fertilizer source on maize number of grain per row

برخوردار می‌شود، افزایش عملکرد در سیستم بی‌خاک‌ورزی در سال دوم نسبت به سال اول با افزایش بقایا در سطح خاک باعث حفظ رطوبت خاک و تنش کمتر محصول نسبت به سال اول بود. مطالعات دیگر (Ghushchi et al., 2010; Talgre et al., 2009) نتایج مشابهی گزارش کردند که خاک‌ورزی و مخلوط کردن کود سبز جو، دامی و شیمیایی با خاک باعث افزایش نیتروژن، فسفر و پتاسیم قابل دسترس گیاه گردید و عملکرد افزایش یافت. همچنین نتایج این تحقیق با یافته‌های امید و همکاران (Omidi et al., 2006) که بیان نمودند عملکرد دانه در بی‌خاک‌ورزی در سال‌های اولیه نسبت به خاک‌ورزی متداول کمتر می‌باشد مطابقت داشت. سارانتونیو و اسکات (Sarrantonio & Scott, 1988) در یک آزمایش دو ساله مشاهده کردند که عملکرد دانه و جذب نیتروژن خاک‌ورزی متداول در مقایسه با بی‌خاک‌ورزی پس از دادن کود سبز بیشتر بود. نتایج برخی بررسی‌ها (Kinhara et al., 2011; Tiscareno et al., 1999) تأیید کردند که سیستم بی‌خاک‌ورزی می‌تواند در بهبود عملکرد محصول، جذب عناصر و ساختمان خاک در دراز مدت مؤثر باشد. در این مطالعه تأثیر منابع مختلف کود بر عملکرد دانه بدین صورت بود که بالاترین مقدار عملکرد دانه به تیمار T₅ با مقدار 7019 کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن به شاهد با مقدار 2097 کیلوگرم در هکتار تعلق گرفت (جدول 5). به نظر می‌رسد که کود دامی در تلفیق با کود شیمیایی و کود سبز می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود، زیرا این سیستم بخش عمده‌ای از نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارایی جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش و اثر مفید بر خصوصیات کیفی خاک در طول زمان دارد. این نتایج با یافته‌های دیگران (Parmar & Sharma, 1998; Eghbal et al., 1995; Anna et al., 2012) مطابقت دارد. نتایج

تعداد ردیف در بلال: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر تیمارهای مورد بررسی تأثیر معنی‌داری را بر تعداد ردیف در بلال نشان ندادند (جدول 4). به نظر می‌رسد که تعداد ردیف در بلال یک صفت ژنوتیپی است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. حتی در شرایط دسترسی مناسب به عناصر غذایی تغییر نمی‌کند. نتایج این پژوهش با یافته‌های محققین دیگر (Majidian et al., 2009; Choukan, 2012) مطابقت داشت.

عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر خاک‌ورزی، برهمکنش سال در خاک‌ورزی، منابع مختلف کود، برهمکنش سال در منابع مختلف کود، خاک‌ورزی در منابع مختلف کود و برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منابع مختلف کود در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت (جدول 4). بالاترین میزان عملکرد از خاک‌ورزی متداول به دست آمد. این افزایش عملکرد برابر 1563 کیلوگرم در هکتار نسبت به سیستم بی-خاک‌ورزی بود (جدول 5). این افزایش را می‌توان چنین توجیه کرد که برگرداندن کود سبز همراه با کود شیمیایی و دامی علاوه بر افزایش فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک برای محصول بعدی به طور هم-زمان باعث افزایش ماده آلی، خصوصیات بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک می‌شود و می‌تواند باعث رشد محصول و در نتیجه افزایش عملکرد نسبت به قرار گرفتن بقایا در سطح خاک گردد. در خاک‌ورزی متداول در سال اول نسبت به بی‌خاک‌ورزی عملکرد دانه در هکتار، 28 درصد افزایش نشان می‌دهد. در حالی که در سال دوم این نسبت به 40 درصد می‌رسد (جدول 5). به نظر می‌رسد که در سال دوم در خاک‌ورزی متداول شرایطی برای خاک فراهم می‌شود که وزن مخصوص کمتر، ظرفیت نگهداری رطوبت بیشتر و میزان مواد غذایی بیشتری در اختیار دارد. در نتیجه گیاه از رشد بهتری

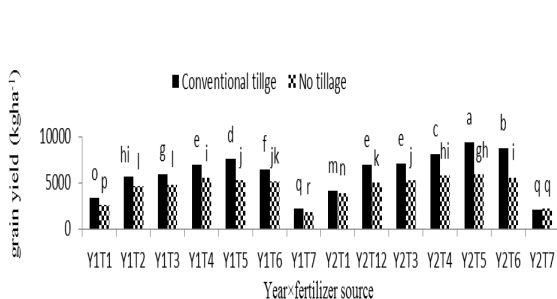
بین سازه‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد. از آن‌جا که یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت، عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. هر عاملی که باعث شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد، باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود. بالاترین شاخص برداشت به تیمار T₅ و بعد از آن T₄ و T₆ در رتبه‌های بعدی به ترتیب با میانگین 46/08، 44/83 و 44/75 درصد قرار داشتند (جدول 5).

بیشترین شاخص برداشت در سال دوم و در خاک‌ورزی متداول و در تیمار T₅ با میانگین 50 درصد به دست آمد (شکل 6).

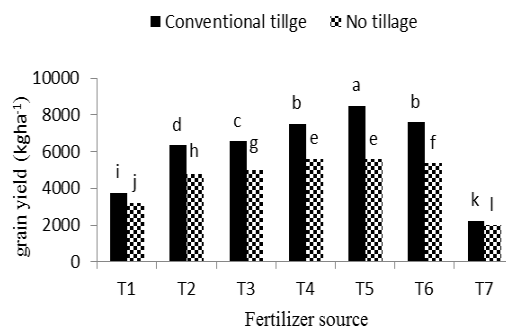
در سیستم تلفیقی، نقش کود شیمیایی جبران کردن کاهش موقتی نیتروژن در اوایل دوره رشد و در نتیجه شروع تجزیه میکروبی کود دامی و سبز و در نهایت فراهم نمودن مواد غذایی قابل دسترس است. این یافته با نتایج محققان دیگر (Scherer et al., 1991; Majidian et al., 2009) که اعلام داشتند تلفیق کود شیمیایی و دامی باعث پر شدن دانه‌ها و بهبود شاخص برداشت در گیاه می‌شود همخوانی دارد. در تیمار T₆ (کود سبز به همراه 40 تن کود دامی) به نظر می‌رسد که چون نیتروژن و دیگر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به تدریج در اختیار گیاه قرار می‌گیرد شرایط فتوسنتز بهتر می‌باشد. در این شرایط ذرت می‌تواند مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه‌ها بفرستد و شاخص برداشت افزایش یابد. نتایج این یافته با نتایج مجاب قصرالدشتی و همکاران (Mojab Ghasroldashti et al., 2011) مطابقت داشت که بیان داشتند کود نیتروژن باعث افزایش شاخص برداشت در ذرت می‌گردد.

این مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از خاک‌ورزی متداول و تیمار پنج با عملکرد 8470/6 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. افزایش عملکرد در خاک‌ورزی متداول به دلیل این‌که عناصر غذایی به سهولت در اختیار گیاه قرار گرفت، در این شرایط گیاه توانست فتوسنتز بیشتری انجام دهد و از رشد بهتری برخوردار شد و این سبب افزایش تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه در بلال و در نهایت عملکرد افزایش یافت (شکل 4). آستیر و همکاران (Astier et al., 2006) بیان کردند، مخلوط کود سبز با خاک باعث افزایش عملکرد کمی و کیفی ذرت نسبت به زمانی که کود سبز در سطح خاک بود گردید. در مورد برهمکنش سال، خاک‌ورزی و منبع کود بیشترین مقدار عملکرد دانه در هکتار در سال دوم، خاک‌ورزی متداول و در تیمار پنج با میانگین عملکرد 9400/3 کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل 5). در سال اول به دلیل این‌که مواد غذایی موجود در کود دامی و کود سبز بلافاصله بعد از مصرف برای گیاه قابل دسترس نمی‌باشد، باید توسط تجزیه میکروبی به شکل قابل دسترس تبدیل شوند. در سال دوم خاک دارای منبع غنی از عناصر غذایی می‌باشد. به خاطر این‌که فرصت کافی برای تجزیه مواد آلی وجود داشته است، نتایج این آزمایش با نتایج پیمنتل (Pimentel, 1993) مطابقت داشت.

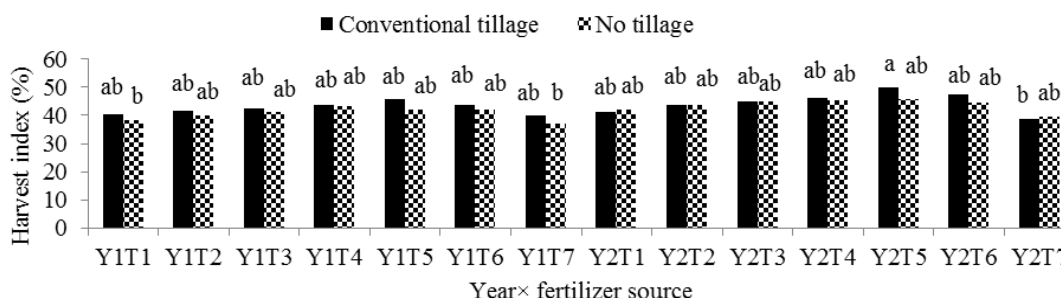
شاخص برداشت: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر خاک‌ورزی، برهمکنش سال در خاک‌ورزی، منابع مختلف کود، برهمکنش سال در منابع مختلف کود، خاک‌ورزی در منابع مختلف کود و برهمکنش سال در خاک‌ورزی در منابع مختلف کود بر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد نشان دادند (جدول 4). شاخص برداشت بیان‌گر چگونگی تسهیم مواد پرورده



شکل 5- برهمکنش سال × خاک‌ورزی × منبع کود بر عملکرد دانه ذرت
Fig. 5- Year × tillage × fertilizer source on maize grain yield



شکل 4- برهمکنش خاک‌ورزی × منبع کود بر عملکرد دانه ذرت
Fig. 4- Tillage × fertilizer source on maize grain yield



شکل 6- برهمکنش سال × خاک‌ورزی × منبع کود بر شاخص برداشت ذرت دانه‌ای
Fig. 6- Interaction of year × tillage × fertilizer source on maize harvest index

کم شد. تغذیه شیمیایی تأمین سریع‌تر مواد غذایی را برای گیاه فراهم می‌کرد. ولی در درازمدت سبب آلودگی محیط زیست و تخریب ساختمان خاک می‌شود. تغذیه آلی (کود سبز و دامی) طی فرایند معدنی شدن در زمان طولانی‌تر باعث افزایش عملکرد می‌شود. تغذیه تلفیقی کود دامی، سبز و شیمیایی برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه هر یک از آن‌ها داشت. در نهایت کاربرد کود سبز با مخلوط نصف کود دامی و شیمیایی به همراه خاک‌ورزی متداول ضمن تقویت رشد اولیه، عملکرد دانه در ذرت را افزایش داد.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق چنین نتیجه‌گیری می‌شود خاک‌ورزی متداول به دلیل فراهمی بستر مناسب‌تر برای فعالیت باکتری‌های تجزیه‌کننده خاک و تسریع معدنی شدن از تأثیرات بهتری نسبت به بی‌خاک‌ورزی برخوردار بود. رشد بهتر ریشه، دسترسی بیشتر به عناصر غذایی و آب و در نهایت رشد گیاه بهبود یافت. طی سال اول در بی‌خاک‌ورزی به دلیل تراکم بالای خاک رشد ریشه محدود شده و به دلیل تجزیه کند، جذب آب و عناصر غذایی نیز

منابع

- 1- Anna, B., Francisca, S., Iker, M., and Jaume, L. 2012. The impact of organic and mineral fertilizers on soil quality parameters and the productivity of irrigated maize crops in semiarid regions. *European Journal Biology* 53: 56-61.
- 2- Astier, M., Mass, J.M., Etchevers Barra, J.D., Pena, J.J., and Deleon Gonzalez, F. 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in an Andisol. *Soil and Tillage Research* 88: 153-159.
- 3- Campbell, C.A., Zenther, R.P., Selles, F., Biederbeck, V.O., and Leyshon, A.J. 1992. Comparative effects of grain lentil-wheat and monoculture wheat on crop production, N economy and N fertility in a Brown chernozom. *Canadian Journal of Plant Science* 72: 1091-1107.
- 4- Chassot, A., and Richner, W. 2002. Root characteristics and phosphorus uptake of maize seedling in a bilayered soil. *Agronomy Journal* 94: 118-127.
- 5- Chukan, R. 2012. Maize and maize properties. Publication of Agricultural Education 427 pp. (In Persian)
- 6- Das, M., Singh, B.P., and Prasad, R.N. 1991. Response of maize (*Zea mays* L.) to phosphorus-enriched manures grown in P-deficient Alfisols on terraced land in Meghalaya. *Indian Journal of Agriculture Science* 61(6): 383-388.
- 7- Eghbal, B., Binford, T.F., Balyonspregr, D.D., and Anderson, F.D. 1995. Maize temporal yield variability under long term manure and fertilizer application. *Fractal Analysis Soil Science, Society American Journal* 59: 1360-1364.
- 8- Fageria, N.K. 2007. Green manuring in crop Production. *Journal of Plant Nutrition* 30: 691-719.
- 9- Ghanbari, A., Ahmadian, A., and Galavi, M. 2007. The effects of irrigation times and animal manure on yield and yield component of cumin (*Cuminum Cuminum*). *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(2): 255-262. (In Persian with English Summary)

- 10- Ghushchi, A., Jurablu, A., Silespur, M., and Hadi, H. 2010. Effect of tillage and crop residue management on soil characteristics and forage corn. *Journal of Agroecology* 2(3): 428-436. (In Persian with English Summary)
- 11- Hamzei, J., and Sayedi, A. 2014. Reaction of bulk density, agronomy characteristics and barley yield in different tillage method in Hamadan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource, Soil and Water Science* 18(70):147-156.
- 12- Hay, R.K.M., and Walker, A.J. 1998. An introduction to the physiology of crop yield. John Willey Sons Inc., Publication, New York.
- 13- Kinbara, J., Bationo, A., and Mugndi, D.N. 2011. Conservation tillage, local organic resources and nitrogen fertilizer combinations affect maize productivity, soil structure and nutrient balances in semi-arid Kenya. *Nutrient Cycle Agroecosyst* 155-167.
- 14- Laure, D.A. 1985. Limitation fertilizer. p. 409-432. In West Journal Jewell. Energy Agriculture and waste Managment process. Agriculture waste manager conferance. Ann Arbor-science, Ann Arbor. MI.
- 15- Majidian, M., Ghalavand, A., Karimiyan, N., and Kamkarehaghghi, H. 2009. Effect of nitrogen fertilizer, animal manure and irrigation on yield and yield components of maize. *Electronic Journal of Crop Production* 1(2): 67-85. (In Persian with English Summary)
- 16- Manxiang, H., Tao, L., Lingqing, W., and Chenghu, Z. 2015. Effects of notillage systems on soil physical properties, and carbon sequestration under long-term wheat- maize double cropping systems. *Catena* 128: 195-202.
- 17- Mazaheri, D., and Majnunehusseini, N. 2007. Basic principles of agronomi. 5th Edition. Tehran University Press 320 pp. (In Persian)
- 18- Mentler, A., Partaj, T., Strauss, P., Souman, H., and Blum, W.E. 2002. Effect of locally available organic manure on maize yield in guinea. West Africa. Research paper. 17th wess. Thailand 85-91.
- 19- Mir, M. 2014. Effect of green manure on soil physical properties, yield and yield components of sesame in Sistan region. MSc thesis, University of Zabol, Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)
- 20- Mojab Ghasrodshty, A., Belluchi, H.R., and Yadvy, A.R. 2011. Effect of compost and nitrogen on grain yield, forage productivity and some morphological traits of sweet corn. *Iranian Journal of Field Crops Research* 4(1): 1-16. (In Persian with English Summary)
- 21- Momeni, A., Bahmanyar, M.A., and Pirdashti, H. 2014. Effect of different application of green manures, animal and biological fertilizers on dynamics of N in the soil, leaves and maize. *Journal of Agricultural Ecology* 6(3): 595-606.
- 22- Nuralvandy, T., Ardekani, M.R., Kashani, H., Vazan, S., and Sadeghi Shoa, M. 2011. Effect of chemical and organic fertilizers on morphological characteristics and yield of sweet corn. *Agronomy Journal* 7(3): 1-12. (In Persian with English Summary)
- 23- Obi, M.E., and Ebo, P.O. 1995. The effects of organic and inorganic amendments on soil physical properties and maize production in a severely degraded sandy soil in southern Nigeria. *Bioresearch Technology* 51: 117-123.
- 24- Omid, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Ghalavand, A. 2006. Assessment of tillage patterns, row spacing and planting date on quantitative and qualitative characteristics of Rapeseed. PhD thesis Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University 131-132. (In Persian)
- 25- Parmar, D.K., and Sharma, T.R. 1998. Integrated nutrient supply system for DppG8, Vegetable *Pealpisum sativum* in dry temperature zone of Himachol Pradesh. *Indian Journal of Agricultural Science* 68: 247-253.
- 26- Pimentel, D. 1993. Economics and energies of organic and conventional farming. *Journal of Agricultural Ethics* 6: 53-60.
- 27- Rezvantlab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Abassian, A. 2009. Study on corn yield response to different types and amounts of organic and chemical fertilizers, *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15(5): 1-10.
- 28- Ruijun, Q., Peter, S., and Walter, R. 2006. Impact of tillage on maize rooting in a cambisol and luvisol in Switzerland. *Soil and Tillage Research* 85: 50-61.
- 29- Sakurai, B., and Kokhtar, L.O. 2005. Effect of organic manure and chemical fertilizer on the soil fertility and productivity of plant Archives of Agronomy and soil science 51: 325- 334.
- 30- Sarrantonio, M., and Scott, T.W. 1988. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following winter green manure crop. *Soil Science Society American Journal* 52: 1661-1668.
- 31- Scherer, E.E., Agostini, V.J., Wildner, L.P., Nadal, R., Sivestro, M., and Sorrenson, W.J. 1991. Poultry manure and

- nitrogen for maize on small farms. *Agropecuaria Catarinense* 4: 8-11.
- 32- Tajbakhsh, M., Hassanzadeh Ghurtape, H., and Darvishzadeh, B. 2005. Green manures in sustainable agriculture. Printing 1, Publishing Jihad Uromia University 215 pp. (In Persian).
- 33- Talgre, L., Luringson, E., Roostalu, H., and Astover, A. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. *Agronomy Research* 7(1): 125-132.
- 34- Tiscareno, M., Baez Gonzales, A.D., Velasquez Valle, M., Potte, K.N., Stone, J.J., Tapia Vargas, M., and Claveran Alonso, R. 1999. Agricultural research for watershed restoration in central Mexico. *Journal Soil Water Conservation* 54: 686-692.
- 35- Toor, G.S., and Bahl, G.S. 1997. Effect of salitory and integrated use of poultry manure and fertilizer phosphorus on the dynamics of P availability in different soils. *Bioresource Technology* 62: 25-28.
- 36- Uharts, A., and Andrade, F.H. 1995. Nitrogen deficiency in maize. II. Effects on crop carbon – nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Science* 35: 1384-1389.
- 37- Wilhelm, W.W., Bouzerzour, H., and Power, J.F. 1989. Soil disturbance residue management effect on winter wheat growth and yield. *Agronomy Journal* 81: 581-588.
- 38- Yazdani, M., Pyrdashty, H., Ismaili, M.H., and Bahmanyar, M.H. 2009. The effect of optimizing the use of chemical fertilizers, organic and biologic on yield and yield components of maize (KSC 604). Proceedings of the Tenth Congress of Crop Science and Plant Breeding, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran p. 42. (In Persian)



Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) influenced by tillage managements

A. Ghasemi^{1*}, A. Ghanbari², B.A. Fakheri³ and H.R. Fanaie⁴

Submitted: 31-01-2015

Accepted: 31-08-2015

Ghasemi, A., Ghanbari, A., Fakheri, B.A., and Fanaie, H.R. 2016. Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (*Zea mays* L.) influenced by tillage managements. Journal of Agroecology 7(4): 499-512.

Introduction

Due to the development of sustainable agriculture and the reduction of utilizing chemical fertilizers, it is essential to use organic fertilizer. Organic matter is vital to soil fertility and its productivity. To maintain the level of fertility and the strength of soil, organic matter levels should be maintained at an appropriate level. Unfortunately, the level of organic matter in soil is generally less than 1%. One solution to increase the soil's organic matter content is to use organic fertilizers such as animal manure, green manure, and vermicompost (Nuralvandy, 2011). As a correction factor, green manure can increase water supply and nutrient soil conservation (Tajbakhsh et al., 2005).

Materials and methods

In order to assess the effects of fertilizer sources (green manure, cow manure, and chemical fertilizer) on maize yield and yield components (KSC 704) under tillage management, a field experiment was carried out at Zahak Agricultural and Natural Resource Research Station in two years (from 2013 to 2014). Before corn planting, barley was planted as green manure in the fall of each year. The experiment was conducted as a split plot arranged in a completely randomized block design with three replications. The main plots were tillage and no tillage, whereas the sub plots were: 1-barley green manure (without application of fertilizer), 2-barley green manure with applying 100% chemical fertilizer (NPK) to the barley during cultivation, tillering and stemming stages, 3- green manure with 2/3 of chemical fertilizer to the barley and 1/3 to the maize, 4- green manure with 1/3 of chemical fertilizer to the barley and 2/3 to the maize, 5- barley green manure with 50% animal and chemical manures, 6- barley green manure with 40 t ha⁻¹ of animal manure, 7-control (non-fertilizer application). Corn was planted on 15 March each year. Phosphorus, potassium fertilizer, and animal manure were added to the soil as the base fertilizers. At full maturity, 10 plants were randomly selected and the plant height, the number of kernels per row, the number of rows per ear, the seed weight, the harvest index, and the ear length were measured, separately.

Results and discussion

The results showed that in comparison with the first year, in the second year a significant increase was observed in plant height, ear length, number of kernel per row, weight of 100 seed weight, harvest index, and seed yield. The highest grain yield was obtained from the conventional tillage systems (mixing the fertilizer with the soil) with the mean of 4494.85 kg.ha⁻¹. Other characteristics, except the number of row per ear, increased more in the conventional tillage than in the no tillage. Fertilizer sources were significant for plant height, ear length, number of kernel per row, weight of 100 kernels, harvest index, and seed yield. The highest grain yield was obtained from the sixth treatment (mix of animal, chemical and green manures) with the mean of 7018.5 kg.ha⁻¹. The interaction of year, tillage and fertilizer sources indicated that the highest grain yield and 100 seed weight were obtained from the conventional tillage systems and from the 6th treatment (mix of animal, chemical and green manures) with the means of 9400.33 kg.ha⁻¹ and 246 g, respectively. In the conventional tillage,

1, 2, 3 and 4- PhD student, Professor, Department of Agronomy, Associate Professor, Department of Agronomy, University of Zabol and Assistant professor of Agriculture and Natural Resource Research and Education Center of Sistan, Zabol, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: ghasemiahmad@yahoo.com)

microbial decomposition occurs faster than in the no tillage. Nutrients are released in vicinity of the plant roots and it can be placed conveniently at the disposal plant. In this way, the sixth treatment will achieve higher yield and better quality, because it can create diverse sources of essential nutrients for the plant; moreover, it can increase absorption capacity in corn.

Conclusion

In conventional tillage systems, where the sources of fertilizer are mixed with soil, the plant is placed in direct contact with the soil degrading bacteria, accelerating the fertilizers' mineralization, and ultimately, improving the plant growth. Due to high soil density, the root growth limited during the first year of no tillage. Organic Food Systems (green manure and animal manure) provide the mineral food for plants. However, the low rate of mineralization in the early stages of root development can limit the nutrient availability. Nevertheless, these limits are removed over time. Integration of green manure, animal manure, and chemical fertilizer with conventional tillage not only strengthens the initial growth but it also accelerates the mineralization. In general, it can be concluded that application of green, animal, and chemical manures and conventional tillage for corn production can both reduce chemical fertilizer and environmental pollution and play a positive role in increasing the yield of maize.

Keywords: Barley, Ear length, 1000- Grain weight, Harvest index, No tillage

References

- Nuralvandy, T., Ardekani, M.R., Kashani, H., Vazan, S., and Sadeghi Shoa, M. 2011. Effect of chemical and organic fertilizers on morphological characteristics and yield of sweet corn. *Agronomy Journal* 7(3): 1-12. (In Persian with English Summary)
- Tajbakhsh, M., Hassanzadeh Ghurtape, H., and Darvishzadeh, B. 2005. Green manures in sustainable agriculture. Printing 1, Publishing Jihad Uromia University 215 pp. (In Persian)



ارزیابی توان جذب آب سوپرجاذب در پاسخ به تغییرات دما، شوری و تناوب آب‌گیری و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط کم‌آبیاری

حمیدرضا فلاحي^{1*}، مهسا اقحوانی شجری²، رضا طاهرپور کلانتری³ و محمد قاسم سلطان‌زاده⁴

تاریخ دریافت: 1394/02/12

تاریخ پذیرش: 1394/07/14

فلاحي، ح.ر.، اقحوانی شجری، م.، طاهرپور کلانتری، ر.، و سلطان‌زاده، م.ق. 1394. ارزیابی توان جذب آب سوپرجاذب در پاسخ به تغییرات دما، شوری و تناوب آب‌گیری و تأثیر آن بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در شرایط کم‌آبیاری. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 513-527.

چکیده

در این پژوهش ابتدا اثر عوامل دما (چهار، 10، 20، 30 و 40 درجه سانتی‌گراد)، شوری (صفر، 0/25، 0/5، 0/75 و یک درصد به ترتیب معادل با صفر، 3/9، 7/8، 11/7 و 15/6 دسی‌زیمنس بر متر شوری ناشی از کلرید سدیم در دو دمای 10 و 25 درجه سانتی‌گراد) و تناوب آب‌گیری (از یک تا پنج مرحله آب‌دهی و آب‌گیری متناوب) بر توان جذب آب توسط پلی‌مر سوپرجاذب (پلی‌اکریلات پتاسیم + پلی‌اکریل آمید) در شرایط آزمایشگاهی شبیه‌سازی شد. سپس میزان تأثیرگذاری سطوح مختلف سوپرجاذب (صفر، 30، 60 و 90 کیلوگرم در هکتار) در شرایط کم‌آبیاری (آبیاری با مدار 12، 15 و 18 روز) بر عملکرد و کیفیت الیاف تولیدی گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در دانشکده کشاورزی سربان (دانشگاه بیرجند) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سال 1393 بررسی شد. نتایج نشان داد که شوری آب‌آبیاری در هر دو دمای 10 و 25 درجه سانتی‌گراد تأثیر کاهشی شدیدی بر توان جذب آب توسط سوپرجاذب داشت، به طوری که با افزایش شدت تنش شوری از صفر به 0/25 و یک درصد، مقدار آب جذب شده توسط این ماده به ترتیب حدود 73 و 85 درصد کاهش یافت. در بین تیمارهای دمایی مورد بررسی، بیشترین توان جذب آب توسط سوپرجاذب در دمای 20 درجه سانتی‌گراد به دست آمد. مقدار آب جذب شده توسط این ماده در دمای 20 درجه سانتی‌گراد به ترتیب هشت و 13 درصد بیشتر از دماهای چهار و 40 درجه سانتی‌گراد بود. افزون بر این، قدرت جذب آب توسط هر گرم پلی‌مر سوپرجاذب در طی دوره‌های اول تا پنجم آب‌گیری به ترتیب 266، 311، 334، 340 و 355 گرم بود. نتایج آزمایش مزرعه‌ای نشان داد که بیشترین عملکرد پنبه در شرایط مصرف 60 کیلوگرم سوپرجاذب و انجام آبیاری با مدار 15 روز (معادل 155 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر)، به مقدار 5027 کیلوگرم و ش در هر هکتار به دست آمد. افزایش مدار آبیاری پنبه از 15 به 18 روز با وجود این که موجب کاهش حدود 20 درصدی عملکرد شد، اما بر هیچ‌کدام از شاخص‌های کیفی الیاف پنبه شامل طول الیاف، شاخص یکنواختی، استحکام، کشش، ظرافت، درخشندگی، زردی، نسبت رسیدگی و میزان الیاف کوتاه تأثیر منفی بر جا نگذاشت.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، شاخص یکنواختی الیاف، ظرافت الیاف، غوزه، نسبت رسیدگی الیاف

مقدمه

باران جهان از جمله ایران به خصوص در پاسخ به برداشت بی‌رویه از مخازن آب و نیز وقوع پدیده تغییر اقلیم، نگرانی‌هایی را ایجاد کرده است. این موضوع در سال‌های اخیر به خوبی خود را نشان داده است، به طوری که اکثر دشت‌های ایران با روند نزولی سطح آب زیرزمینی مواجه شده‌اند. با در نظر گرفتن رشد جمعیت در کشور پیش‌بینی می‌شود که در صورت عدم انجام تمهیدات پیش‌گیرانه لازم جهت استفاده کارآمد از منابع موجود آبی، در آینده نه چندان دور سبد آبی کشور

کاهش میزان دسترسی به منابع آب در بسیاری از کشورهای کم-

1. 2، 3 و 4- به ترتیب عضو هیات علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، دانشجوی دکتری بوم‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، کارشناس ارشد و دانشجوی دوره کارشناسی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی سربان، دانشگاه بیرجند

(* - نویسنده مسئول: Email: Hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir)

(Nasrabad & Hezarjaribi, 2006).

مصرف سوپر جاذب‌ها نیز به دلایلی مانند توان بالای جذب و نگهداری آب، ماندگاری به مدت حدود چهار تا هفت سال، عدم تأثیر منفی بر خصوصیات شیمیایی خاک و نیز عدم ایجاد آلودگی زیست محیطی، جهت تولید محصولات کشاورزی در مناطق تحت تنش خشکی سودمند است (Fazeli Rostampour & Mohebbian, 2012). این ترکیبات ضمن افزایش ظرفیت نگهداری آب و عناصر غذایی برای مدت طولانی، مزایای دیگری مانند تسریع جوانه‌زنی گیاه، کاهش تعداد دفعات آبیاری، مصرف یکنواخت آب برای گیاهان، افزایش کارایی مصرف کودها، هوادهی بهتر خاک، افزایش فعالیت و جمعیت ریز جانداران مفید خاک و نیز افزایش تخلخل و ثبات ساختمان خاک را نیز به همراه دارند (Karimi et al., 2009; Jahan et al., 2015). در پژوهش‌های متعددی که در خصوص مصرف سوپر جاذب در بوم‌نظام‌های زراعی صورت گرفته است، اثرات مثبت این ترکیبات بر بهبود رشد و عملکرد گیاهانی مانند ذرت (Fazeli Rostampour & Mohebbian, 2012)، سویا (*Glycine max* L.) (Tohidi & Moghaddam & Mazaheri, 2012)، بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) (Ziaeidoustan et al., 2013)، گندم (Taherkhani et al., 2013) آفتابگردان (Karimi et al., 2009) و ذرت علوفه‌ای (Karimi & Naderi, 2007) گزارش شده است. با وجود اثرات مثبتی که مصرف سوپر جاذب بر رشد و عملکرد گیاهان دارد، اما میزان کارایی این ترکیبات به عواملی مانند میزان املاح موجود در آب آبیاری (Rahbar & Banedjschafie, 2009; Fazeli & Rostampour & Mohebbian, 2012) و دمای محیط بستگی دارد. افزون بر این، توان جذب این ترکیبات ممکن است در طی دوره‌های مختلف آب‌گیری و آب‌دهی در سطح مزرعه تغییر نماید، به طوری که در پژوهشی گزارش شد که میزان رطوبت سوپر جاذب ایگیتا در تناوب ششم آبیاری در مقایسه با تناوب اول حدود 36 درصد کاهش یافت (Karimi et al., 2009).

با توجه به ضرورت استفاده کارآمد از منابع محدود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور، هدف از این پژوهش بررسی امکان تولید گیاه پنبه با روش کم‌آبیاری در شرایط مصرف سطوح مختلف سوپر جاذب پلی‌اکریلات پتاسیم بود. افزون بر این، شبیه‌سازی میزان کارایی سوپر جاذب در سطوح مختلف شوری آب آبیاری، دمای محیط و دفعات آب‌گیری و آب‌دهی نیز از دیگر اهداف این تحقیق بود.

پاسخ‌گوی نیازهای موجود نخواهد بود (Razavi & Davary, 2014). بنابراین، ضرورت دارد تا استفاده پایدار از منابع آب به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور مورد توجه قرار گیرد. از راه کارهای تأثیرگذار در این خصوص می‌توان به روش‌های کم-آبیاری و نیز استفاده از مواد آلی و شیمیایی ابرجاذب اشاره کرد. کم‌آبیاری یکی از روش‌های بهینه‌سازی مصرف آب در زمین‌های زراعی است که در آن گیاه زراعی به مقداری کمتر از نیاز آبی آبیاری می‌شود (Akbari Nodehi, 2011). در این روش گیاه در مرحله‌ای خاص از رشد و یا در تمام فصل رشد تحت تنش کم‌آبی قرار می‌گیرد (Jahan et al., 2015). کم‌آبیاری از طریق روش‌هایی مانند کاهش حجم آب مصرفی در هر نوبت آبیاری، افزایش فواصل آبیاری، قطع آبیاری در زمان مشخصی از رشد و حذف آبیاری‌هایی که کمترین بازدهی را دارند، قابل اجرا می‌باشد. این شیوه آبیاری در صورتی که به خوبی اجرا شود، می‌تواند بدون ایجاد کاهش قابل توجهی در عملکرد، موجب افزایش کارایی مصرف آب گردد (Feres & Soriano, 2010; Ghorbani Nasrabad & Hezarjaribi, 2010). تاکنون اثرات مثبت کم‌آبیاری بر افزایش کارایی مصرف آب، افزایش سطح زیرکشت و کسب درآمد بیشتر در گیاهان مختلفی مانند آفتاب‌گردان (*Helianthus annuus* L.) (Karimi Kakhaki & Sepehri, 2010)، گندم (*Triticum aestivum* L.) (Shayannejad, 2010)، ذرت (*Zea mays* L.) (Karimi et al., 2010) و جو (*Hordeum vulgare* L.) (Ramezani Etedali et al., 2009) گزارش شده است.

پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) نیز گیاهی است که به زمان و مقدار آب مورد استفاده در مراحل مختلف رشد واکنش زیادی نشان می‌دهد، به طوری که در مراحل گل‌دهی و اوج گل‌دهی به کم‌آبیاری حساس بوده و در برخی از مراحل حساسیت چندانی به کم‌آبیاری ندارد (Ghorbani Nasrabad1 & Hezarjaribi, 2010). گزارش شده است که در شرایط اقلیمی شمال ایران به آبیاری کامل گیاه پنبه نیاز نبوده و تأمین 75 درصد نیاز آبی گیاه کافی می‌باشد (Akbari Nodehi, 2011). در تحقیق مشابهی گزارش شد که تأمین 66 درصد نیاز آبی پنبه از نظر کسب بهترین کیفیت الیاف در این گیاه مناسب است (Fathi et al., 2011). در پژوهش دیگری نیز تیمار دور آبیاری 13 روزه همراه با تأمین 50 درصد نیاز آبی گیاه جهت حصول عملکرد و کیفیت مناسب الیاف پنبه توصیه شد (Ghorbani

مواد و روش‌ها

این پژوهش در دو بخش آزمایشگاهی و مزرعه‌ای در سال‌های 1393 و 1394 در دانشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند اجرا شد. در تحقیقات آزمایشگاهی اثرات شوری و دمای محیط بر توان جذب آب توسط پلی‌مر سوپر جاذب پلی‌اکریلات پتاسیم بررسی شد. افزون بر این، قدرت جذب آب توسط این ماده در طی دوره‌های مختلف آبیاری و آب‌دهی اندازه‌گیری شد. در تحقیق مزرعه‌ای اثر متقابل سطوح مختلف سوپر جاذب و کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت لیاف تولیدی پنبه مورد بررسی قرار گرفت.

1- اثر متقابل دما و شوری بر توان جذب آب توسط سوپر جاذب

این تحقیق در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های محیطی دانشکده کشاورزی سرایان، صورت پذیرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح صفر (آب مقطر)، 0/25، 0/5، 0/75 و یک درصد شوری ناشی از کلرید سدیم (ساخت شرکت مرک) بودند. با توجه به این که هر یک دسی‌زیمنس بر متر برابر با 640 قسمت در میلیون¹ یعنی 640 میلی- گرم نمک در یک لیتر آب است، بنابراین تیمارهای تنش شوری به ترتیب معادل با صفر، 3/9، 7/8، 11/7 و 15/6 دسی‌زیمنس بر متر می‌باشند. میزان جذب هر یک از این محلول‌ها توسط سوپر جاذب در دو دمای 10 و 25 درجه سانتی‌گراد و در طی دوره زمانی یک ساعت پس از تأمین رطوبت، مورد بررسی قرار گرفت.

2- اثر دمای محیط بر توان جذب آب توسط سوپر جاذب

به منظور شبیه‌سازی توان جذب آب توسط سوپر جاذب در فصول مختلف سال و نیز مناطق جغرافیایی دارای شرایط اقلیمی متفاوت، آزمایشی در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های محیطی دانشکده کشاورزی سرایان صورت گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل دماهای چهار، 10، 20، 30 و 40 درجه سانتی‌گراد بودند که میزان جذب آب مقطر توسط سوپر جاذب در هر یک از دماهای ذکر شده و در طی بازه زمانی یک ساعت اندازه‌گیری شد.

3- ارزیابی توان جذب آب توسط سوپر جاذب در طی دوره-

های آبیاری

این آزمایش در آزمایشگاه فیزیولوژی تنش‌های محیطی دانشکده کشاورزی سرایان و به منظور شبیه‌سازی میزان تغییر احتمالی در قدرت جذب آب توسط پلی‌مر سوپر جاذب در طی دوره‌های مختلف آبیاری انجام شد. جهت شبیه‌سازی چرخه‌های آبیاری و آب‌دهی سوپر جاذب در شرایط مزرعه که در فاصله بین دو آبیاری متوالی صورت می‌گیرد، در این آزمایش ابتدا سوپر جاذب در معرض رطوبت قرار گرفته و سپس در محیط آون عمل تخلیه رطوبتی این ترکیب صورت گرفت و هر چرخه آبیاری و آب‌دهی متوالی به عنوان یک تناوب در نظر گرفته شد. برای اجرای آزمایش ابتدا مقدار آب مقطر جذب شده توسط یک گرم سوپر جاذب در طی بازه زمانی 20 دقیقه و در دمای 25 درجه سانتی‌گراد اندازه‌گیری شد، سپس سوپر جاذب در دمای 90 درجه سانتی‌گراد به مدت 12 ساعت جهت تخلیه نسبی رطوبت قرار گرفت. در مرحله بعدی مجدداً آب‌دهی به سوپر جاذب صورت گرفته و قدرت جذب آب توسط این ترکیب اندازه‌گیری شد و این روند تا پنج دوره آب‌دهی و آبیاری متوالی (پنج تناوب) ادامه یافت. جهت شبیه‌سازی شرایط رطوبتی خاک یعنی عدم تخلیه کامل رطوبت خاک در فاصله بین دو آبیاری متوالی، در این آزمایش از خشک شدن کامل رطوبت اطراف سوپر جاذب در فاصله بین دو تناوب آبیاری ممانعت شد و حدوداً 30 درصد آب از هر تناوب به تناوب بعد منتقل می‌شد.

4- اثرات مصرف سوپر جاذب و کم‌آبیاری بر عملکرد و

کیفیت لیاف پنبه

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی سرایان، دانشگاه بیرجند در سال 1393 اجرا شد. برخی از پارامترهای آب و هوایی محل اجرای آزمایش در جدول 1 ارائه شده است. عامل کرت اصلی مدار آبیاری (شامل 12، 15 و 18 روز به ترتیب معادل حدود 120، 155 و 190 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) و عامل کرت فرعی شامل سطوح مختلف سوپر جاذب (شامل صفر، 30، 60 و 90 کیلوگرم در هکتار) در نظر گرفته شد.

جدول 1- شرایط اقلیمی سرایان طی دوره آزمایش

Table 1- The main climatic indices of Sarayan during experiment

ماه Months	میزان بارندگی (میلی متر) Monthly precipitation (mm)	میزان تبخیر ماهیانه (میلی متر) Monthly evaporation (mm)	رطوبت نسبی ماهیانه (درصد) Monthly average humidity (%)	مجموع ساعات آفتابی ماهانه Monthly sunshine hours	میانگین دمای حداقل (درجه سانتی گراد) Average of minimum temperatures (°C)	میانگین دمای حداکثر (درجه سانتی گراد) Average of maximum temperatures (°C)
خرداد June	0	381.4	18	336.5	20.5	34.8
تیر July	0	461.7	14	381.9	22.8	36.9
مرداد August	0	425.2	13	369.9	22.3	37.3
شهریور September	0	329.0	15	350.6	18.4	36.2
مهر October	0	238.0	23	288.6	15.0	29.8
آبان November	26	94.2	45	265.8	05.2	18.3
آذر December	11	25.1	48	220.2	02.5	14.9

خصوصیات سوپرجاذب مورد استفاده در جدول 2 آورده شده است. مدارهای آبیاری بر اساس عرف رایج منطقه (12 روز) و نیز دو مدار آبیاری با فواصل بیشتر از مدار آبیاری رایج (15 و 18 روز) به عنوان تیمارهای کم آبیاری انتخاب گردید تا تأثیر کم آبیاری در سطوح مختلف مصرف سوپرجاذب بر عملکرد کمی و کیفی گیاه بررسی شود. با توجه به تأثیر کیفیت آب آبیاری بر توان جذب آب توسط سوپرجاذب، خصوصیات آب آبیاری مورد استفاده در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2- مهم ترین ویژگی های آب آبیاری و سوپرجاذب مورد استفاده در آزمایش

Table 2- The main properties of irrigation water and superabsorbent polymer

شاخص های کیفی آب آبیاری Qualitative indices of irrigation water							
هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) EC ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	شاخص واکنش pH	کل املاح محلول (قسمت در میلیون) TDS (ppm)	یون کلسیم (قسمت در میلیون) Ca^{2+} (ppm)	منیزیم (قسمت در میلیون) Mg^{2+} (ppm)	سدیم (قسمت در میلیون) Na^{+} (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) K^{+} (ppm)	کلر (قسمت در میلیون) Cl^{-} (ppm)
1300	7.81	8510	48	51.5	156.4	0.45	170.4
ویژگی های سوپر جاذب Superabsorbent properties							
ویژگی های ظاهری Appearance	چگالی (گرم بر سانتی متر مکعب) Density (gr.cm^{-3})	اندازه ذرات (میلی متر) Grain size (mm)	شاخص واکنش pH	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی متر) EC ($\mu\text{m.cm}^{-1}$)	میزان رطوبت (درصد) Moisture (%)	بیشترین میزان دوام (سال) Maximum durability (Year)	میزان نگهداری آب مقطر (گرم بر گرم) Water holding capacity (g.g^{-1})
گرانوله سفید White granule	1.1-1.5	0.5-1	7.4	1754	11.6	7	330

نتایج و بحث

1- اثر متقابل دما و شوری بر توان جذب آب توسط

سوپر جاذب

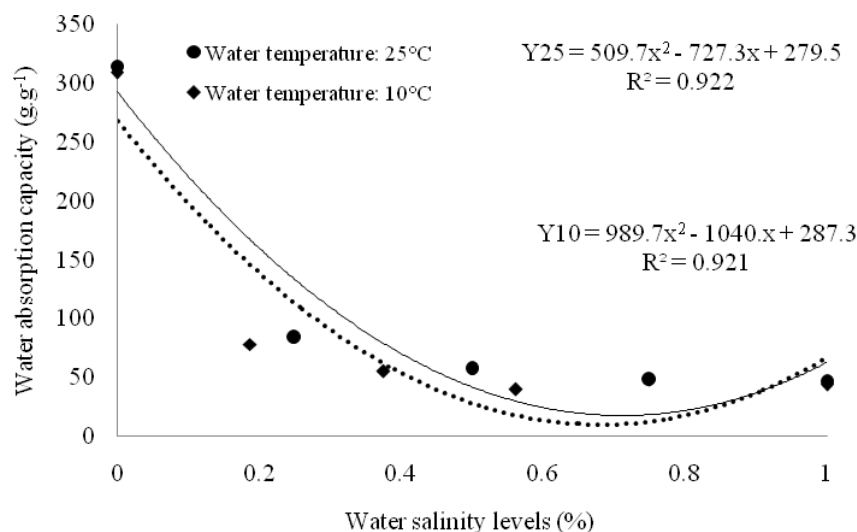
تنش شوری ناشی از کلرید سدیم تأثیر کاهشی شدیدی بر توان جذب آب توسط پلی مر سوپر جاذب در هر دو دمای 10 و 25 درجه سانتی گراد داشت. بیشترین کاهش توان جذب سوپر جاذب با افزایش شوری آب از سطح صفر به 0/25 درصد (3/9 دسی زیمنس بر متر) مشاهده شد و پس از آن با افزایش میزان شوری، توان جذب سوپر جاذب روند کاهشی آهسته تری داشت. به عنوان مثال، در دمای 25 درجه سانتی گراد، با افزایش میزان شوری آب از سطح صفر به 0/25 درصد، مقدار آب جذب شده توسط هر گرم سوپر جاذب با حدود 73 درصد کاهش از 315 به 84 گرم رسید، در حالی که کاهش توان جذب سوپر جاذب با افزایش سطح شوری از 0/25 درصد به یک درصد (15/6 دسی زیمنس بر متر) معادل 45 درصد بود. افزون بر این، مقدار آب جذب شده توسط سوپر جاذب در تمامی سطوح تنش شوری در دمای 25 درجه مقداری بیشتر از دمای 10 درجه سانتی گراد بود، هر چند که این تفاوت چندان قابل توجه نبود (شکل 1). بنابراین، در محیط های تحت تأثیر تنش شوری، کارایی سوپر جاذب های شیمیایی در جذب و نگهداری آب کاهش یافته و از طرفی میزان سودمندی این ترکیبات در دماهای سرد تا حدودی کمتر می باشد.

تأثیر منفی شوری بر توان جذب سوپر جاذب توسط امیدیان و همکاران (Omidian et al., 1999) نیز گزارش شده است. در تحقیق دیگری گزارش شد که میزان آبیاری سوپر جاذب پلی اکریل آمید در حضور نمک ها به خصوص نمک های دو ظرفیتی به شدت کاهش پیدا می کند. در این پژوهش مدت زمان لازم برای خشک شدن سوپر جاذب اشباع شده توسط آب مقطر و آب نمک به ترتیب شش و 2/3 روز در ماه های گرم سال برآورد شد (Rahbar & Banedjschafie, 2009). در مطالعه ای بر روی سوپر جاذب پلی-آسپارتیک اسید نیز با افزایش شدت شوری از صفر به 0/5 درصد، مقدار آبیاری این ترکیب از 400 به حدود 120 گرم کاهش یافت و سپس تا سطح چهار درصد شوری، میزان جذب آب توسط این پلی مر کاهش قابل توجهی پیدا نکرد (Zhao et al., 2005). در شرایط تنش شوری، رقابت کاتیون ها با مولکول های آب برای پیوند با گروه های عاملی آب دوست پلی مر منجر به کاهش گنجایش جذب آب در سوپر جاذب می گردد (Seyed Dorraji et al., 2010).

افزون بر این، توان جذب آب آبیاری توسط سوپر جاذب مورد استفاده، در دمای اتاق و در طی بازه زمانی یک ساعت پس از آبیاری دهی اندازه گیری شد.

برای اجرای آزمایش، عملیات آماده سازی زمین در اوایل اردیبهشت ماه انجام شد. جهت اعمال سطوح مختلف سوپر جاذب، میزان مورد نیاز از این ماده در سطح هر کرت پخش گردید و برای مخلوط شدن مناسب این ماده با خاک لایه 30 سانتی متری خاک به طور مناسبی شخم اعمال گردید. در 20 خرداد ماه کاشت پنبه با استفاده از بذور گواهی شده رقم خرداد صورت گرفت. کاشت گیاه با فواصل بین و روی ردیفی به ترتیب 60 و 25 سانتی متر به صورت دستی و به شکل کپه ای در کرت های به ابعاد 4x3 متر انجام شد. پس از کاشت، تمامی تیمارها دو بار به طور هم زمان آبیاری شده و پس از آن تیمار آبیاری مورد نظر در هر کرت به طور جداگانه اعمال گردید. پس از سبز شدن تا مرحله برداشت محصول عملیات تنک کردن و وجین دستی علف های هرز صورت پذیرفت. برای تأمین نیازهای غذایی گیاه در تمامی تیمارها به طور یکسان، مقدار 30 تن در هکتار کود دامی (قبل از کاشت)، 240 کیلوگرم در هکتار اوره (یک سوم در زمان کاشت و دو سوم در طی رشد رویشی گیاه) و 200 کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل (قبل از کاشت) مصرف شد. در پایان فصل رشد، محصول موجود در هر کرت در طی سه چین (پنج، 19 و 26 آبان ماه) برداشت شد و عملکرد نهایی گیاه مورد محاسبه قرار گرفت. به منظور تعیین صفات کیفی الیاف پنبه، نمونه ای 200 گرمی از هر کرت به آزمایشگاه تکنولوژی الیاف پنبه وابسته به اداره کل پنبه و دانه های روغنی ایران ارسال گردید. در آزمایشگاه صفات طول الیاف (میلی متر)، شاخص یکنواختی (درصد)، استحکام (مقاومت الیاف در مقابل پارگی ناشی از عملیات مکانیکی بر حسب گرم بر تکس)، کشش (از دیاد طول بر حسب درصد)، ظرافت (عدد میکرونری)، درخشندگی، زردی، نسبت رسیدگی، میزان الیاف کوتاه و میزان رطوبت نسبی (درصد) با استفاده از دستگاه HVT¹ مورد سنجش قرار گرفت. در پایان داده های آزمایشی توسط نرم افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین ها نیز به کمک آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

1- High volume instrument



شکل 1- اثر میزان شوری آب آبیاری بر توان جذب آب توسط سوپرجاذب در دو دمای مختلف
Fig. 1- Influence of water salinity on the water absorption capacity of superabsorbent at two different temperatures

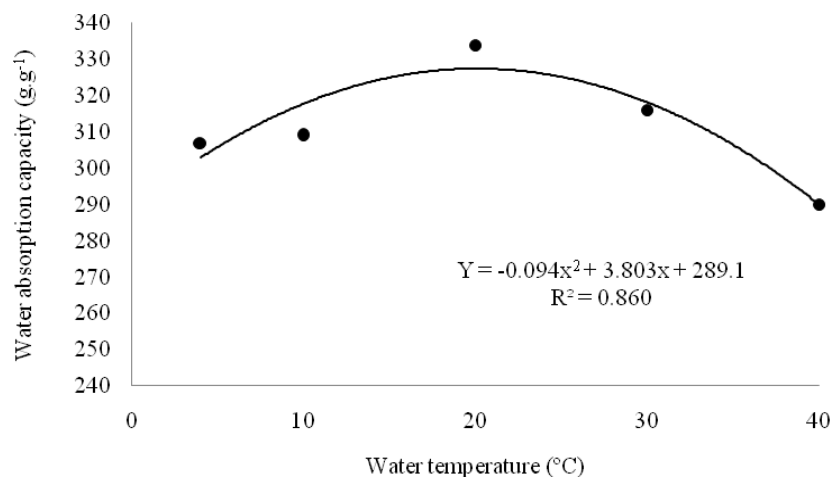
3- ارزیابی توان جذب آب توسط سوپرجاذب در طی دوره-های آبیاری

نتایج نشان داد که توان جذب آب توسط پلی‌مر سوپرجاذب در طی پنج دوره تناوب آب‌دهی و آب‌گیری نسبی، روندی افزایشی داشت. میزان آب جذب شده توسط این ترکیب در تناوب پنجم، 25 درصد بیشتر از تناوب اول بود (شکل 3). نتایج پژوهش مشابهی حاکی از آن است که توان جذب سوپرجاذب پلی‌اکریل‌امید پس از نه مرتبه آب‌گیری و خشک شدن متوالی به میزان 22 درصد کاهش یافت (Rahbar & Banedjschafie, 2009). نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که در دمای 105 درجه و در تناوب ششم، درصد کاهش جذب آب مقطر توسط سوپرجاذب وینیل الکل آکریلیک اسید، 36 درصد مقادیر اولیه بود (Karimi et al., 2009). در آزمایش کنونی جهت شبیه‌سازی شرایط مزرعه‌ای یعنی عدم خالی شدن صد در صد خاک از رطوبت، از خشک شدن کامل سوپرجاذب در فاصله بین دو تناوب جلوگیری شد و مقداری از آب تناوب قبل به تناوب بعدی منتقل می‌شد. احتمالاً قرارگیری همیشگی سوپرجاذب در معرض مقادیر کم تا زیاد رطوبت (مشابه شرایط خاک در فاصله بین دو آبیاری) باعث بروز این تفاوت شده و موجب شده که مقدار آب جذب شده توسط این ترکیب در طی زمان روندی نسبتاً افزایشی داشته باشد. به هر حال نتایج این آزمایش نشان داد در صورت عدم تخلیه کامل رطوبت اطراف سوپرجاذب، این ماده می‌تواند توان جذب آب

2- اثر دمای محیط بر توان جذب آب توسط سوپرجاذب

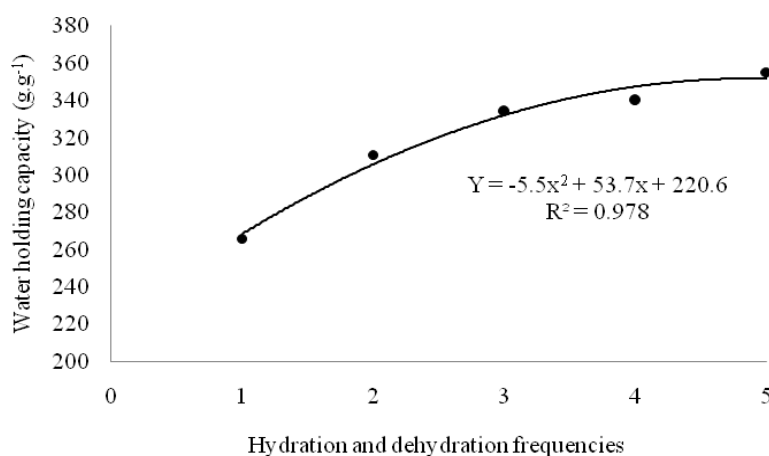
دمای آب تأثیر نسبتاً قابل توجهی بر توان جذب سوپرجاذب داشت، به طوری که با افزایش دمای آب از چهار به 20 درجه سانتی-گراد مقدار آب جذب شده توسط هر گرم سوپرجاذب حدود هشت درصد افزایش یافت، ولی افزایش بیشتر دما به حدود 40 درجه سانتی‌گراد، مقدار جذب آب را در مقایسه با دمای مطلوب حدود 13 درصد کاهش داد. مقدار آب جذب شده توسط هر گرم سوپرجاذب در دمای 40 درجه 5/5 درصد کمتر از دمای چهار درجه سانتی‌گراد بود. بنابراین، دمای بالا در مقایسه با دمای پایین تأثیر بازدارندگی بیشتری بر قدرت جذب آب توسط سوپرجاذب داشت (شکل 2) هر چند که این میزان تفاوت ممکن است در شرایط مزرعه قابل مشاهده نباشد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تغییرات فصلی و روزانه دمای یک منطقه و نیز تفاوت‌های دمایی مناطق جغرافیایی مختلف می‌تواند تا حدودی توان جذب آب توسط سوپرجاذب را تحت تأثیر قرار دهد. در پژوهش مشابهی نیز گزارش شد که بیشترین توان جذب آب توسط سوپرجاذب پلی‌آسپارتیک اسید در دمای 25 تا 35 درجه سانتی‌گراد مشاهده شد و دماهای بالاتر از 35 درجه به شدت توان آب‌گیری این ترکیب را کاهش داد (Zhao et al., 2005).

خود را حداقل تا پنج دوره آبیاری حفظ نماید.



شکل 2- ارتباط دمای آب و توان جذب آب توسط سوپرجاذب

Fig. 2- The relationship between water temperature and water absorption capacity by superabsorbent



شکل 3- اثر تناوب آبیاری و آبیاری بر توان جذب آب توسط سوپرجاذب

Fig. 3- Effect of dehydration frequencies on water absorption capacity of superabsorbent polymer

روز به ترتیب نه و 21 درصد برآورد شد. بالاتر بودن عملکرد در تیمار آبیاری با فواصل 15 روز در مقایسه با تیمار شاهد (مدار آبیاری 12 روز) احتمالاً بیانگر تأثیر منفی فراهمی بیش از حد رطوبت و در نتیجه وقوع دوره‌های بی‌هوایی، بر رشد گیاه پنبه می‌باشد. مصرف سوپرجاذب نیز به مقدار بیش از 30 کیلوگرم در هکتار موجب افزایش عملکرد وش در گیاه پنبه شد، ولی بین تیمار مصرف 30 کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. میزان افزایش عملکرد وش در تیمارهای مصرف 60 و 90 کیلوگرم سوپرجاذب در هر هکتار در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب برابر با 10

4- اثرات مصرف سوپرجاذب و کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه

1-4- عملکرد پنبه

بر اساس نتایج تجزیه واریانس عملکرد وش در گیاه پنبه به طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح مختلف مصرف سوپرجاذب و کم‌آبیاری قرار گرفت (جدول 3). اثرات ساده فاکتورهای آزمایشی نشان داد که بیشترین عملکرد وش در تیمار آبیاری با مدار 15 روز (155 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) به دست آمد؛ به طوری که میزان افزایش عملکرد در این تیمار در مقایسه با تیمارهای آبیاری با مدار 12 و 18

و شش درصد بود. نتایج اثر متقابل فاکتورهای آزمایشی نیز نشان داد که در تمامی سطوح کم آبیاری پنبه، بیشترین عملکرد وش در شرایط مصرف 60 کیلوگرم سوپرجاذب در هر هکتار به دست آمد و در این

میان دور آبیاری 15 روز در مقایسه با سایر تیمارهای آبیاری دارای برتری نسبی بود (شکل 4).

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس (مجموع مربعات) اثر مدیریت آبیاری و سطوح مختلف مصرف سوپرجاذب بر عملکرد و کیفیت الیاف پنبه
Table 3- Analysis of variance (sum of squares) for effects of irrigation management and superabsorbent polymer on yield and quality of cotton.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد وش Cotton yield	طول الیاف Fiber length	یکنواختی Uniformity index	استحکام Strength	کشش Elasticity
تکرار Replication	2	23812 ^{ns}	1.63 ^{ns}	0.88 ^{ns}	9.02 ^{ns}	0.01 ^{ns}
مدیریت آبیاری Irrigation management	2	6179494 ^{**}	4.95 [*]	4.48 ^{ns}	22.02 [*]	0.06 [*]
تکرار × مدیریت آبیاری Replication×Irrigation	4	2657922 ^{**}	6.27 ^{ns}	2.70 ^{ns}	16.92 ^{ns}	0.09 [*]
سوپرجاذب Superabsorbent	3	2422049 ^{**}	2.88 ^{ns}	5.57 ^{ns}	2.41 ^{ns}	0.01 ^{ns}
مدیریت آبیاری × سوپرجاذب Irrigation× Superabsorbent	6	2813158 ^{**}	4.86 ^{ns}	7.22 ^{ns}	36.63 ^{ns}	0.03 ^{ns}
خطا Error	18	2065264	13.09	29.95	47.69	0.14
کل Total	35	16161702	33.70	50.81	134.73	0.36
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-		2.96	1.55	5.22	1.29

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ظرافت Micronaire	درخشندگی Brightness	زردی Yellowish	نسبت رسیدگی Ripening ratio	الیاف کوتاه Short fibers percentages	درصد رطوبت Humidity
تکرار Replication	2	0.37 ^{ns}	9.35 [*]	0.64 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	1.74 ^{ns}	0.33 ^{ns}
مدیریت آبیاری Irrigation management	2	0.05 ^{ns}	4.38 ^{ns}	3.51 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	6.82 ^{ns}	0.66 ^{ns}
تکرار × مدیریت آبیاری Replication×Irrigation	4	0.81 ^{ns}	7.84 ^{ns}	10.21 ^{ns}	0.0021 ^{ns}	9.71 ^{ns}	0.63 ^{ns}
سوپرجاذب Superabsorbent	3	0.28 ^{ns}	3.26 ^{ns}	0.51 ^{ns}	0.0008 ^{ns}	8.76 ^{ns}	1.86 ^{ns}
مدیریت آبیاری × سوپرجاذب Irrigation× Superabsorbent	6	0.19 ^{ns}	1.22 ^{ns}	11.74 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	15.97 ^{ns}	1.64 ^{ns}
خطا Error	18	1.49	20.36	43.59	0.0035	49.13	7.08
کل Total	35	3.22	46.62	70.23	0.0072	92.15	12.22
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.39	1.36	14.98	1.57	25.69	8.96

ns, * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and ** non-significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

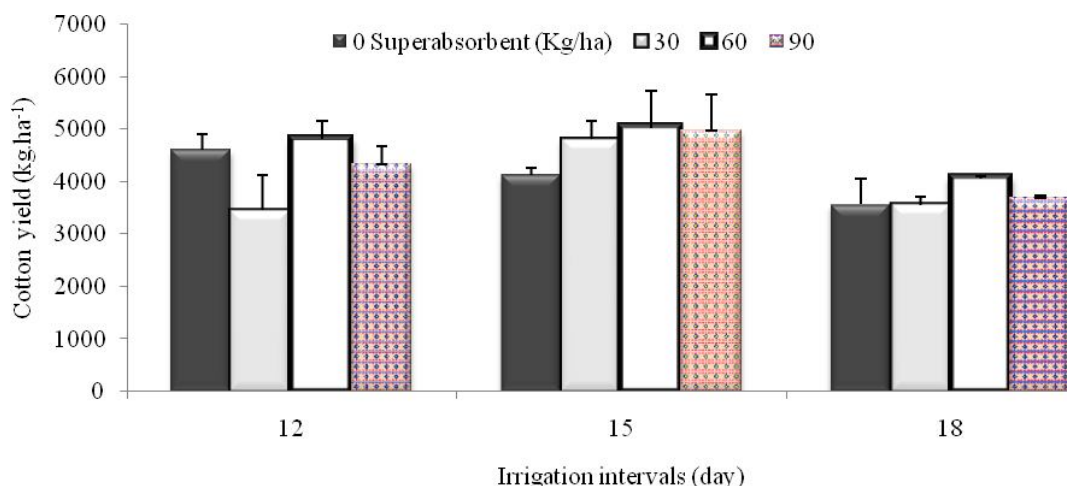
در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با اعمال تیمارهای کم‌آبیاری بدون این که عملکرد گیاه پنبه تأثیر قابل توجهی بپذیرد، در مصرف آب که به عنوان ارزشمندترین نهاده کشاورزی در مناطق نیمه‌خشک به شمار می‌آید نیز صرفه جویی نمود. این نتایج با یافته‌های قربانی‌نصرآباد و هزارجریبی (Ghorbani Nasrabad & Hezarjaribi, 2010) و اکبری‌نودهی (Akbari Nodehi, 2013) هم‌خوانی دارد که گزارش کردند که تأمین 70 تا 75 درصد نیاز آبی گیاه پنبه در مقایسه با آبیاری کامل می‌تواند کارایی مصرف آب را در این گیاه بدون کاهش عملکرد، افزایش دهد. در پژوهشی در خصوص بهینه‌سازی مصرف آب در زراعت پنبه نیز بیان شد که در شرایط محدودیت آب با کاهش 50 درصد از آب مصرفی، سود حاصله از واحد حجم آب با سود حاصل از آبیاری کامل برابر خواهد شد (Fardad & Zeyghami Gol, 2005). گیاه پنبه از مرحله پیدایش جوانه‌های گل تا اواخر گل‌دهی به خشکی حساس است و حساس‌ترین مراحل رشدی گیاه به کم‌آبی مراحل گل‌دهی و اوج گل‌دهی (قبل از تشکیل غوزه) می‌باشد، با این وجود فراوانی رطوبت نیز موجب تحریک رشد رویشی و کاهش عملکرد می‌گردد (Khajeh Pour, 2005; Ghorbani Nasrabad and Hezarjaribi, 2010; Akbari Nodehi, 2013). بنابراین، به نظر می‌رسد اعمال کم‌آبیاری از طریق حذف آبیاری و یا کاهش حجم آبیاری به خصوص در دوره‌هایی که حساسیت گیاه به تنش خشکی کم‌تر است، بتواند تأثیر مثبتی در افزایش بهره‌وری از منابع آب در زراعت پنبه داشته باشد.

مصرف پلی‌مر سوپرچاذب نیز تا حدودی موجب افزایش عملکرد و ش شد. نتایج این تحقیق مبنی بر تأثیر مثبت سوپرچاذب بر عملکرد پنبه با نتایج مطالعات مشابه بر روی گیاهان سویا (Tohidi Taherkhani et al., 2012) (Moghaddam & Mazaheri, 2012) و چغندر قند (Jahan et al., 2014) (*Beta vulgaris* L.) مطابقت دارد. این تأثیرات بیشتر ناشی از بهبود ذخیره رطوبتی خاک در اثر مصرف سوپرچاذب می‌باشد (Seyed Dorraji et al., 2010). با این وجود، میزان تأثیرگذاری این ترکیبات در پژوهش کنونی، تنها افزایش عملکرد الیاف به میزان حدود 10 درصد بود. به نظر می‌رسد که مصرف این ترکیبات در لایه 25 سانتی‌متری شخم در گیاهانی که دارای ریشه‌های افشان هستند، کارایی بیشتری داشته باشد و در

گیاهانی مانند پنبه که به دلیل داشتن ریشه مستقیم توان جذب آب از لایه‌های عمیق‌تر خاک را داشته (Khajeh Pour, 2005) و پراکنش سیستم ریشه‌ای آن در لایه سطحی مصرف سوپرچاذب زیاد نیست، میزان سودمندی سوپرچاذب‌ها کمتر باشد. موضوع دیگری که باید مورد توجه قرار گیرد این است که حداکثر کارایی ترکیبات سوپرچاذب زمانی قابل دستیابی است که از منابع آب و خاک دارای کیفیت بالا استفاده شود (Rahbar & Banj Shafiei, 2009; Seyed Dorraji et al., 2010; Roustae et al., 2013). در پژوهش کنونی توان جذب آب مقطر توسط هر گرم سوپرچاذب مورد استفاده 335 گرم بود، در حالی که این میزان برای آب آبیاری مورد استفاده که در مقایسه با بسیاری از منابع آب مناطق نیمه‌خشک کیفیت نسبتاً مناسبی نیز داشت، به 120 گرم کاهش پیدا نمود. همچنین در پژوهش کنونی مصرف 90 کیلوگرم سوپرچاذب در مقایسه با مصرف 60 کیلوگرم از این ماده در هر هکتار، نه تنها تأثیر مثبتی بر افزایش عملکرد پنبه نداشت، بلکه در تیمارهای آبیاری با فواصل 12 و 18 روز موجب کاهش عملکرد این گیاه نیز شد (شکل 4). این موضوع می‌تواند ناشی از اثرات سمی احتمالی مصرف سطوح بالای این ترکیبات باشد، هر چند که برخی از محققان معتقدند سوپرچاذب‌ها فاقد اثرات بازدارنده می‌باشند (Jahan et al., 2014).

4-2- کیفیت الیاف پنبه

اثر متقابل سطوح مختلف مصرف سوپرچاذب و تیمارهای کم-آبیاری بر هیچ‌کدام از شاخص‌های کیفی الیاف پنبه تأثیرگذار نبود (جدول 3). نتایج مقایسه میانگین‌های تأثیر تیمارهای آبیاری بر کیفیت الیاف نشان داد که تقریباً تمامی صفات کیفی پنبه به طور مشابهی تحت تأثیر مدیریت‌های متفاوت آبیاری قرار گرفتند (جدول 4). بر اساس طبقه‌بندی فتحی و همکاران (Fathi et al., 2011) طول الیاف در تیمارهای آبیاری 12 و 15 روز در گروه الیاف بلند و در تیمار آبیاری 18 روز در گروه الیاف متوسط قرار گرفت. افزون بر این، شاخص یکنواختی و میزان کشش الیاف در تمامی تیمارهای آبیاری در طبقه زیاد، میزان استحکام آن‌ها در طبقه خیلی قوی و میزان ظرافت آن‌ها در گروه متوسط قرار گرفت.



شکل 4- اثر متقابل تیمارهای مدیریت آبیاری و سطوح مختلف مصرف سوپرجاذب بر عملکرد و ش در گیاه پنبه
Fig. 4- Interaction effects of irrigation management and superabsorbent polymer on cotton yield

آبیاری تأمین 66 درصد نیاز آبی گیاه جهت رسیدن به بهترین کیفیت الیاف در پنبه مناسب می‌باشد (Fathi et al., 2011). نتایج مقایسه میانگین‌های تأثیر سطوح مختلف سوپرجاذب بر کیفیت الیاف تولیدی نشان داد که مصرف این ترکیبات هیچ نوع تأثیر منفی یا مثبتی بر شاخص‌های کیفی الیاف پنبه نداشت (جدول 5). بر اساس طبقه‌بندی صورت گرفته توسط فتحی و همکاران (Fathi et al., 2011) فقط الیاف تولید شده در تیمار مصرف 90 کیلوگرم سوپرجاذب در گروه الیاف بلند قرار گرفتند.

بنابراین، می‌توان با افزایش فواصل آبیاری گیاه پنبه در مناطق نیمه‌خشک بدون این که کاهش قابل توجهی در عملکرد گیاه رخ دهد (شکل 4)، الیافی با کیفیت مشابه با تیمار آبیاری کامل به دست آورد و در کنار آن کارایی مصرف آب را نیز بالا برد. در پژوهش مشابهی گزارش شد که بیشترین عملکرد و کیفیت مناسب الیاف پنبه در تیمار دور آبیاری 13 روزه همراه با تأمین 50 درصد نیاز آبی گیاه به دست آمد (Ghorbani nasrabadi & Hezarjaribi, 2006). نتایج تحقیق دیگری نیز حاکی از آن است که روش آبیاری بارانی و سطح

جدول 4- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر مدیریت آبیاری بر شاخص‌های کیفی پنبه

Table 4- Effect of irrigation management on cotton quality indices

فواصل آبیاری (روز) Irrigation intervals (day)	طول الیاف (میلی-متر) Fiber length (mm)	یکنواختی (درصد) Uniformity index (%)	استحکام (گرم بر تکس) (g.tex ⁻¹) Strength	کشش (درصد) Elasticity (%)	ظرافت (میکرونر) Fineness (Micronaire)
12	29.2 ^{a*}	82.8 ^a	31.7 ^a	6.8 ^a	4.5 ^a
15	28.8 ^a	83.6 ^a	31.6 ^a	6.9 ^a	4.5 ^a
18	28.3 ^a	83.0 ^a	30.0 ^a	6.8 ^a	4.4 ^a

فواصل آبیاری (روز) Irrigation intervals (day)	درخشندگی Brightness	زردی Yellowing	نسبت رسیدگی Ripening ratio	الیاف کوتاه (درصد) Short fibers (%)	رطوبت (درصد) Humidity (%)
12	77.2 ^a	10.5 ^a	0.89 ^a	6.6 ^a	7.1 ^a
15	78.1 ^a	09.9 ^a	0.89 ^a	5.8 ^a	6.8 ^a
18	77.8 ^a	10.6 ^a	0.89 ^a	6.8 ^a	7.0 ^a

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

* In each column means with the same letter(s) are not significantly different at 0.05 level of probability.

جدول 5- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر سطوح مختلف مصرف سوپرجاذب بر شاخص‌های کیفی پنبه
Table 5- Effect of different levels of superabsorbent polymer on cotton quality indices

ظرافت (میکرونر) Fineness (Micronaire)	کشش (درصد) Elasticity (%)	استحکام (گرم بر تکس) (g.tex ⁻¹) Strength	یکنواختی (درصد) Uniformity index (%)	طول الیاف (میلی - متر) Fiber length (mm)	سطوح مصرف سوپرجاذب (کیلوگرم در هکتار) Super absorbent levels (kg.ha ⁻¹)
4.43 ^a	6.83 ^a	31.1 ^a	82.6 ^a	28.8 ^a	0
4.66 ^a	6.87 ^a	31.5 ^a	83.6 ^a	28.7 ^a	30
4.46 ^a	6.83 ^a	31.2 ^a	82.9 ^a	28.3 ^a	60
4.47 ^a	6.87 ^a	30.8 ^a	83.3 ^a	29.1 ^a	90

رطوبت (درصد) Humidity (%)	الیاف کوتاه (درصد) Short fibers (%)	نسبت رسیدگی Ripening ratio	زردی Yellowish	درخشندگی Brightness	سطوح مصرف سوپرجاذب Superabsorbent levels (kg.ha ⁻¹)
6.70 ^a	6.95 ^a	0.89 ^a	10.2 ^a	77.3 ^a	0
6.87 ^a	5.88 ^a	0.90 ^a	10.5 ^a	77.9 ^a	30
7.11 ^a	6.88 ^a	0.89 ^a	10.3 ^a	78.1 ^a	60
7.30 ^a	5.98 ^a	0.89 ^a	10.3 ^a	77.6 ^a	90

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

* In each column means with the same letter(s) are not significantly different at 0.05 level of probability.

مصرف آن‌ها باشد. همچنین، بیشترین مقدار جذب آب توسط این ترکیبات در دامنه دمایی 20 تا 25 درجه سانتی‌گراد به دست آمد. افزون بر این، اعمال تیمارهای کم‌آبیاری نیز به مقدار اندکی موجب کاهش عملکرد و ش در گیاه پنبه شد، ولی تأثیر سویی بر کیفیت الیاف تولیدی نداشت. بنابراین، استفاده از روش کم‌آبیاری در زراعت پنبه می‌تواند موجب بهره‌برداری پایدار از منابع محدود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور گردد.

سپاسگزاری

از معاونت پژوهشی دانشگاه بیرجند بابت تأمین هزینه اجرای این تحقیق تشکر می‌گردد (طرح پژوهشی مصوب 1393/9/5). اندازه‌گیری صفات کیفی الیاف پنبه توسط آزمایشگاه تکنولوژی الیاف پنبه وابسته به اداره کل پنبه و دانه‌های روغنی ایران صورت گرفته است، لذا بدینوسیله از جناب آقای وجدانی‌فر مدیر کل پنبه، دانه‌های روغنی و نباتات صنعتی ایران و سرکار خانم رضاییان مسئول آزمایشگاه تشکر و قدردانی می‌گردد.

سایر شاخص‌های کیفی پنبه در بین تیمارهای آزمایشی تفاوتی نداشت و الیاف حاصله دارای یکنواختی زیاد، استحکام خیلی قوی، کشش زیاد و ظرافت متوسط بودند. از مجموع نتایج حاصل از تیمارهای فراهمی آب و مصرف سوپرجاذب چنین به نظر می‌رسد که میزان دسترسی به آب در زراعت پنبه عمدتاً بر شاخص‌های کمی این گیاه تأثیرگذار بوده (شکل 4) و کیفیت الیاف تولیدی چندان از این فاکتور تأثیر نمی‌پذیرد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مصرف 60 کیلوگرم در هکتار پلی‌مر سوپرجاذب ضمن حفظ کیفیت الیاف پنبه می‌تواند به میزان 10 درصد موجب افزایش عملکرد و ش شود. با این وجود، میزان کارایی این ترکیبات به شدت تحت تأثیر دما، شوری و تناوب آب‌گیری می‌باشد. افزایش مقدار نمک کلرید سدیم موجود در آب تأثیر منفی قابل توجهی بر توان جذب آب توسط سوپرجاذب گذاشت. بنابراین، احتمال می‌رود در مناطق تحت تأثیر تنش شوری، تأثیرگذاری سوپرجاذب‌ها بیشتر از حیث ممانعت از شستشوی عناصر غذایی و افزایش کارایی

منابع

- 1- Akbari Nodehi, D. 2011. The effect of different water quantities on yield, water use efficiency and cotton yield

- function in Mazandaran province. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21: 103-11. (In Persian with English Summary)
- 2- Fardad, H., and Zeyghami Gol, R. 2005. Optimization of water use for irrigation of cotton in Gorgan. Iranian Journal of Agriculture Science 36(5): 1197-1206. (In Persian)
 - 3- Fathi, D., Sohrabi Moshkabadi, B., and Kouchakzadeh, M. 2011. Evaluation of the effect of irrigation methods, various levels of water and nitrogen fertilizer on quality of cotton. Journal of Plant Production 18(3): 1-15.
 - 4- Fazeli Rostampour, M., and Mohebbian, S.M. 2012. Studying the effects of irrigation deficit and superabsorbent polymer on remobilization of assimilates in corn (*Zea mays* L.) Environmental Stresses in Crop Sciences 4(2): 127-138. (In Persian with English Summary)
 - 5- Fereres, E., and Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of Experimental Botany 58(2): 147-159.
 - 6- Jahan, M., Nassiri Mohallati, M., Ranjbar, F., Aryaee, M., and Kamayestani, N. 2015. 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. Journal of Agroecology 6(4): 753-766. (In Persian with English Summary)
 - 7- Ghorbani Nasrabad, G., and Hezarjaribi, A. 2006. Evaluation of the effect of irrigation frequency and irrigation water quantity on yield and fiber quality properties of two cotton cultivars. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 13(2): 1-7. (In Persian with English Summary)
 - 8- Ghorbani Nasrabad, G., and Hezarjaribi, A. 2010. Cotton response to deficit irrigation during different growth stages. Journal of Plant Production 17: 129-141. (In Persian with English Summary)
 - 9- Karimi, A., and Naderi, M. 2007. Yield and water use efficiency of forage corn as influenced by superabsorbent polymer application in soils with different textures. Agricultural Research 7(3): 187-198. (In Persian with English Summary)
 - 10- Karimi, A., Noshadi, M., and Ahmadzadeh, M. 2009. Effects of super absorbent polymer (igeta) on crop, soil water and irrigation interval. Journal of Water and Soil Science 12(46): 403-414. (In Persian with English Summary)
 - 11- Karimi Kakhaki, M., and Sepehri, A. 2010. Effect of deficit irrigation on water use efficiency and drought tolerance of new sunflower cultivars at reproductive stage. Journal of Water and Soil Science 13: 163-176. (In Persian with English Summary)
 - 12- Karimi, M., Esfahani, M., Bigluei, M.H., Rabiee, B., and Kafi Ghasemi, A. 2010. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht climate. Crop Production 2(2): 91-110. (In Persian with English Summary)
 - 13- Khajeh Pour, M.R. 2005. Industrial Crops. Jihad Daneshgahi Publication, Isfahan. (In Persian)
 - 14- Omidian, H., Hashemi, S.A., Sammes, P.G., and Meldrum, I. 1999. Modified acrylic-based superabsorbent polymers (dependence on particle size and salinity). Polymer 40: 1753-1761.
 - 15- Rahbar, E., and Banedjschafie, S. 2009. Salinity effects on water uptake ability of superabsorbent polymer and manure. Iranian Journal of Range and Desert Research 16(2): 209-223. (In Persian with English Summary)
 - 16- Ramezani Etedali, H., Nazari, B., Tavakoli, A., and Parsinejad, M. 2009. Evaluation of CROPWAT model in deficit irrigation management of wheat and barley in Karaj. Journal of Water and Soil 23(1): 119-129. (In Persian with English Summary)
 - 17- Razavi, S.S., and Davary, K. 2014. The role of virtual water in water resource management. Journal of Water and Sustainable Development 1(1): 9-18. (In Persian with English Summary)
 - 18- Roustia, M.J., Soltani, M., Besharat, N., Soltani, V., Salehi, M., and Rangbar, G.H. 2013. The effect of different levels of superabsorbent polymer and water salinity on soil moisture retention. Iranian Water Research Journal 12: 241-244. (In Persian with English Summary)
 - 19- Seyed Dorraji, S., Golchin, A., and Ahmadi, S. 2010. The effects of different levels of a superabsorbent polymer and soil salinity on water holding capacity with three textures of sandy, loamy and clay. Journal of Water and Soil 24(2): 306-316. (In Persian with English Summary)
 - 20- Shayannejad, M. 2010. Effect of deficit irrigation on quantitative properties of winter wheat and determination of its optimum applied water in Shahrekord. Irrigation and Water Engineering 1(2): 24-35. (In Persian with English Summary)

- 21- Taherkhani, S., Habibi, D., Khodarahmi, M., and Rezaei, M. 2013. Evaluation of application iron, zinc and selenium on yield and yield components and its content in durum wheat: role of super absorbent polymers. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 9(3): 67-80. (In Persian with English Summary)
- 22- Tohidi Moghaddam, H., and Mazaheri, A.H. 2012. Effect of manuring fertilizer and super absorbent polymers on qualitative and quantitative characteristics of soybean under water deficit stress conditions. *Journal of Crop Production Research* 3(4): 375-399. (In Persian with English Summary)
- 23- Ziaeidoustan, H., Azarpour, E., and Safiyar, S. 2013. Study the effects of different levels of irrigation interval, nitrogen and superabsorbent on yield and yield component of peanut. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5(18): 2071-2078.
- 24- Zhao, Y., Su, H., Fang, L., and Tan, T. 2005. Superabsorbent hydrogels from poly (aspartic acid) with salt-temperature and pH responsiveness properties. *Polymer* 46: 5368-5376.



Evaluation of superabsorbent efficiency in response to dehydration frequencies, salinity and temperature and its effect on yield and quality of cotton under deficit irrigation

H.R. Fallahi^{1*}, M. Aghhavani Shajari², R. Taherpour Kalantari³ and M.G. Soltanzadeh⁴

Submitted: 02-05-2015

Accepted: 06-10-2015

Fallahi, H.R., Aghhavani Shajari, M., Taherpour Kalantari, R., and Soltanzadeh, M.G. 2016. Evaluation of superabsorbent efficiency in response to dehydration frequencies, salinity and temperature and its effect on yield and quality of cotton under deficit irrigation. *Journal of Agroecology* 7(4):513-527.

Introduction

Reduced availability of water resources in many arid countries including Iran, particularly in response to the indiscriminate harvesting of water reservoirs and climate change, has created concerns. Therefore, the sustainable use of water resources especially in agriculture is a necessity for these countries. Strategies such as deficit irrigation and superabsorbent application are two important ways for improving water use efficiency in agricultural lands. In deficit irrigation the crop must be irrigated less than its required water. Therefore, some reduction may occur in crop yield, but the savings in water will improve the water use efficiency (Akbari Nodehi, 2011). Superabsorbent polymers also increase the nutrients and water holding capacity of soil for a long time and thereby reduce crop water requirement. However, the effectiveness of these materials could be affected by dehydration frequencies, temperature and irrigation water quality (Karimi et al., 2009). Due to the limitation of water resources in many parts of Iran, the aim of this study was to investigate the possibility of cotton production under deficit irrigation along with application of different rates of superabsorbent. In addition, simulation of superabsorbent efficiency at different levels of salinity, temperature and dehydration frequencies (swelling and de-swelling) were the other objectives in this study.

Materials and methods

1. Laboratory experiments

In these experiments the effects of temperature (4, 10, 20, 30 and 40 °C), salinity (0, 0.25, 0.5, 0.75 and 1% NaCl solutions at two temperatures of 10 and 25°C) and frequency of partial dehydration (from 1 to 5 stages watering and 70% dewatering) were simulated on water absorption capacity of superabsorbent polymer at laboratory of environmental stresses, Sarayan Faculty of Agriculture, Birjand University.

2- Field experiment

This experiment was designed at Research Station of Sarayan Faculty of Agriculture, Birjand University, Iran, during 2014. The experiment was carried out as factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications. Study factors were consisted of different levels of superabsorbent (0, 30, 60 and 90 kg.ha⁻¹) and deficit irrigation [irrigation intervals of 12 (control), 15 and 18 days equal to ~120, 155 and 190 mm evaporation from pan, respectively]. Seeds of cotton (Khordad cultivar) were sown in 20 June, with 60×25 cm distances in 3×4 m plots. The harvesting of cotton was performed at three times on 27 Oct, 10 Nov and 17 Nov. At the end of experimental period the yield and quality indices of produced fibers including fiber length, uniformity index, strength, elasticity, fineness (micronaire), brightness, yellowing, ripening ratio and short fibers percentages were measured. Finally, statistical analysis was employed by using the Duncan's multiple range test at the 5% level of probability.

1, 2, 3 and 4- Assistant Professor of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, University of Birjand, PhD Student in Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad, MSc of Agronomy and BSc Student of Agronomy and Plant Breeding, Sarayan Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: Hamidreza.fallahi@birjand.ac.ir)

Results and discussion

Results of laboratory experiments showed that salinity had considerable negative effects on water absorption capacity of superabsorbent in both 10 and 25°C temperatures. The amount of water absorbed by superabsorbent reduced by 73% and 85% by increasing salinity from 0 to 0.25% and to 1%, respectively. In addition, the effect of temperature changes was significant on the water absorption capacity of superabsorbent. The highest value of water absorbed by the superabsorbent was obtained at 20 °C treatment. The amounts of water absorbed at 20 °C, were 8% and 13% higher than 4 °C and 40 °C, respectively. In similar study it has been concluded that swelling of polyaspartic acid hydrogels decreased when the temperature of the aqueous media increased from 25 °C to 60°C (Zhao et al., 2005). The amounts of water absorption ability of superabsorbent during 1 to 5 watering and dewatering cycles were 266, 311, 334, 340 and 355 g g⁻¹, respectively. Results of field experiment showed that cotton yield was significantly affected by irrigation management and superabsorbent application. Application of 60 kg ha⁻¹ superabsorbent along with irrigation intervals of 15 days was the best combined treatment in terms of fiber production. Moreover, experimental factors had no negative effect on the quality indices of produced fibers.

Conclusion

Results of this experiment showed that superabsorbent application and deficit irrigation are the two potential strategies for cotton production in semi-arid regions, especially if low saline water sources are used.

Acknowledgments

We wish to thank Vice President for Research and Technology, University of Birjand, Iran for the financial support of the project (Approved on November 26, 2014).

Keywords: Boll, Fiber fineness, Ripening ratio, Salinity stress, Uniformity

References

- Akbari Nodehi, D. 2011. The effect of different water quantities on yield, water use efficiency and cotton yield function in Mazandaran province. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 21: 103-11. (In Persian with English Summary)
- Karimi, A., Noshadi, M., and Ahmadzadeh, M. 2009. Effects of super absorbent polymer (igeta) on crop, soil water and irrigation interval. *Journal of Water and Soil Science* 12(46): 403-414. (In Persian with English Summary)
- Zhao, Y., Su, H., Fang, L., and Tan, T. 2005. Superabsorbent hydrogels from poly (aspartic acid) with salt-temperature- and pH-responsiveness properties. *Polymer* 46: 5368-5376.



پهنه‌بندی وقوع خشک‌سالی در استان فارس تحت تأثیر شرایط تغییر اقلیم با استفاده از شاخص بارش استاندارد

رضا دیهیم فرد^{1*}، حامد عینی نرگسه² و مسعود حقیقت³

تاریخ دریافت: 1394/02/30

تاریخ پذیرش: 1394/06/24

دیهیم فرد، ر، عینی نرگسه، ح، و حقیقت، م. 1394. پهنه‌بندی وقوع خشک‌سالی در استان فارس تحت تأثیر شرایط تغییر اقلیم با استفاده از شاخص بارش استاندارد. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 528-546.

چکیده

امروزه موضوع تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های محققین بوده و با توجه به نقش حیاتی آب در زندگی بشر، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی خشک‌سالی برای هر منطقه ضروری می‌باشد. هدف از این مطالعه پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی استان فارس در شرایط تغییر اقلیم، محاسبه شاخص خشکی و پهنه‌بندی آن در این استان بود. به منظور پیش‌بینی اقلیم آینده در نه شهرستان استان فارس (شیراز، اقلید، فسا، لار، لامرد، داراب، زرکان، نیریز و آباده) از دو مدل اقلیمی (HadCM3 و IPCM4) تحت سه سناریو (A₁B، B₁ و A₂) در سه دوره (2011-2030، 2046-2065 و 2080-2099 میلادی) استفاده شد. برای ریزمقیاس کردن پارامترهای اقلیمی از LARS-WG استفاده شد. برای محاسبه شاخص خشکی سالی از شاخص SPI در مقیاس زمانی 12 ماه استفاده شد. نتایج نشان داد که در دوره پایه شهرستان‌های آباده و لار در طبقه خشکی حاد (2/48- و 2/09-) قرار داشتند. در صورتی که، تحت شرایط تغییر اقلیم آینده شهرستان لامرد در طبقه خشکی حاد قرار می‌گیرد. بیشترین شدت خشک‌سالی با استفاده از مدل HadCM3 تحت سناریوی A₂ در دوره 2080-2099 میلادی در نیریز (1/33) و کمترین شدت خشک‌سالی در شهرستان لامرد (2/58-) در دوره 2046-2065 میلادی با استفاده از مدل IPCM4 و تحت سناریوی A₁B به دست آمد. به طور کلی، نتایج نشان داد که در دوره پایه بخش عمده‌ای از مناطق استان فارس با استفاده از شاخص SPI در طبقه نرمال (نیمه جنوبی استان) و خشکی ملایم (نیمه شمالی استان) قرار دارند؛ در حالی که در آینده عمده مناطق استان فارس در طبقه نرمال قرار خواهند گرفت.

واژه‌های کلیدی: درون‌یابی، ریزمقیاس نمایی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، مدل اقلیمی

مقدمه

(1999). بنا بر گزارش IPCC⁴ روند گرم شدن کره زمین به سرعت در حال وقوع است و انتظار می‌رود که با صرف نظر از اثری که گازهای گلخانه‌ای بر اقلیم جهانی دارند، دمای کره زمین تا سال 2030 نسبت به اواخر قرن بیستم تقریباً یک درجه سانتی‌گراد در مقیاس جهانی گرم می‌شود (IPCC, 2007). فرآیندهای تغییر اقلیم شامل افزایش غلظت CO₂ اتمسفری، دما و نیز نوسان بارندگی است که به طور مستقیم رشد و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bannayan et al., 2005; Bannayan et al., 2011).

در طی سال‌های گذشته موضوع تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی محققین حوزه کشاورزی بوده است و با شروع قرن 21 میلادی مورد توجه بیشتری قرار می‌گیرد (Hulme et al., 2001).

1. 2 و 3- به ترتیب استادیار، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران و مربی گروه هواشناسی کشاورزی، سازمان هواشناسی کشور، تهران

(Email: deihim@sbu.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

مهم به نظر می‌رسد (Moafi Madani et al., 2012). خشکی در طول یک دوره از کمبود آب در یک منطقه به دلیل بارش کم، تبخیر و تعرق بالا، استخراج آب‌های زیرزمینی بالا یا ترکیبی از عوامل ذکر شده اتفاق می‌افتد (Zamaniyan et al., 2012). خشک‌سالی می‌تواند عواقب گسترده‌ای برای کشاورزی، اکوسیستم‌ها و جامعه در پی داشته باشد (Comfalioneri et al., 2007). اثرات خشک‌سالی می‌تواند شامل کمبود آب، کاهش و یا عدم تولید محصول، آتش‌سوزی و قحطی باشد (Sheffield & wood, 2001). بسیاری از محققین تأکید کرده‌اند که چون مناطق واقع در عرض‌های میانی (15 تا 40 درجه شمالی) بر اساس پیش‌بینی‌های اقلیمی آینده با افزایش چشمگیر دما و کاهش قابل‌ملاحظه نزولات مواجه می‌باشند، شاخص‌های خشکی مناسب‌ترین معیار جهت ارزیابی اثرات منطقه‌ای تغییر اقلیم در این نواحی خواهد بود (Dinar et al., 1998; Hammer & Nicolls, 1996). بر اساس شواهد موجود گسترش شدت و وسعت خشک‌سالی در مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری از ویژگی‌های اقلیم آینده می‌باشد. امروزه، تجزیه و تحلیل خشک‌سالی بر اساس داده‌های بارندگی به عنوان مهم‌ترین عامل برای انواع خشک‌سالی به کار می‌رود (Mosaedi & Ghobadi Sogh, 2011). محققان شاخص‌های مختلفی را به منظور پایش وضعیت خشک‌سالی توسعه داده‌اند. شاخص DAI^4 (Palmer, 1965)، $PDSI^5$ (Palmer, 1968)، DAI^6 (Mckee et al., 1980)، SPI^7 (Bhalme & Mooley, 1980) و $SPEI^8$ (Vicente-Serrano et al., 2010) و غیره (Li et al., 2013) از این جمله‌اند. در حال حاضر، شاخص SPI به طور گسترده‌ای در امور تحقیقاتی و اجرایی در سراسر جهان به منظور پایش خشک‌سالی استفاده می‌شود. این شاخص به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای تحلیل خشک‌سالی به ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود. تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر خشکی و شاخص خشک‌سالی انجام شده است. در یک تحقیق لوکاس و

در حال حاضر مطالعه اثرات تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای به برآورد وضعیت اقلیمی آینده بستگی خواهد داشت. این برآوردها در حال حاضر توسط مدل‌های اقلیمی و بیش از همه به وسیله مدل‌های گردش عمومی (GCM^1) انجام می‌گیرد. این مدل‌ها معتبرترین ابزار برای بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستم‌های مختلف محسوب می‌شوند و قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی با استفاده از سناریوهای تأیید شده IPCC شبیه‌سازی نمایند (Kilsby & Jones, 2007; Dibike & Coulibaly, 2005). مدل‌های گردش عمومی جو، شرایط توپوگرافی و پوشش سطحی و شرایط اقلیمی یکسانی را برای یک شبکه با ابعاد چند صد کیلومتری در نظر می‌گیرند، در حالی که ممکن است شرایط واقعی سطح زمین در محدوده مورد بحث کاملاً متفاوت باشد. برای فائق آمدن به نقیصه تفکیک فضایی کم مدل‌های گردش عمومی، دو راهکار وجود دارد که عبارت‌اند از: ریزمقیاس نمایی آماری با استفاده از مدل‌های آماری و به کارگیری مدل‌های دینامیکی منطقه‌ای (Babaeian et al., 2010). به دلیل این که خروجی مدل‌های گردش عمومی به صورت ماهانه است برای به کارگیری و استفاده از داده‌های مدل‌های گردش عمومی از مولدهای هواشناسی² استفاده می‌شود. این مولدها تصادفی و مبتنی بر احتمال بوده و خروجی آن‌ها داده‌های هواشناسی در مقیاس روزانه می‌باشد (Semenov et al., 1998). یکی از مشهورترین مولدهای هواشناسی $LARS-WG^3$ است که برای تولید مقادیر بارش، تشعشع، دماهای بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود (Rasco et al., 1991; Semenov & Barrow, 2002). نسخه اولیه $LARS-WG$ در بوداپست در سال 1990 میلادی به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک کشاورزی در کشور مجارستان توسعه داده شد (Racsko et al., 1991). در کشور ایران نیز مطالعات مختلفی با استفاده از این برنامه به منظور انجام مطالعات مختلف تغییر اقلیم انجام شده است (Moafi Madani et al., 2012; Eyshi Reazei & Bannayan, 2014; Babaeian et al., 2010; Eyni Nargeseh et al., 2012). با توجه به نقش حیاتی آب در زندگی بشر، بررسی پدیده اثرات تغییر اقلیم بر شدت و فراوانی خشک‌سالی برای هر منطقه ضروری و

4- Palmer drought severity index

5- Crop moisture index

6- Drought area index

7- Standardized precipitation index

8- Standardized precipitation evapotranspiration index

1- General circulation model

2- Weather generator

3- Long ashton research station weather generator

کشورهای در حال توسعه (IPCC, 2013) بارزتر است و همچنین افزایش دمای هوا اثرات عمیقی را بر پدیده‌های اقلیمی به خصوص میزان و الگوهای بارندگی در سراسر جهان خواهد داشت. لذا این تحقیق با هدف پیش‌بینی پارامترهای هواشناسی استان فارس در شرایط تغییر اقلیم و محاسبه شاخص خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در این استان به عنوان یکی از قطب‌های تولید محصولات زراعی و باغی به انجام رسیده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری داده‌ها

تحقیق حاضر در نه ایستگاه سینوپتیک استان فارس شامل شیراز، فسا، داراب، اقلید، لار، آباده، زرکان، لامرد و نیریز انجام شد (جدول 1). استان فارس در بخش جنوبی کشور قرار دارد که از شمال به استان اصفهان، از شمال شرق به استان یزد، از جنوب به استان هرمزگان، از غرب و جنوب غرب به استان بوشهر و از شمال غرب به استان کهگیلویه و بویراحمد محدود می‌شود (شکل 1). بر اساس تقسیم‌بندی دمارتن استان فارس دارای پنج نوع اقلیم خشک، نیمه-خشک، مدیترانه‌ای، نیمه‌مرطوب و مرطوب می‌باشد (Gandomkar et al., 2010).

در این تحقیق به منظور شبیه‌سازی اقلیم آینده برای محاسبه شاخص خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در استان فارس، از داده‌های روزانه (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تشعشع روزانه) به عنوان ورودی برای مدل آماری LARS-WG استفاده شد. به دلیل این که در ایستگاه‌های هواشناسی در بعضی از ماه‌های سال داده هواشناسی ثبت نشده و در برخی موارد داده‌های پرت وجود داشت از این‌رو با استفاده از برنامه WeatherMan² (Hoogenboom et al., 2003) داده‌های گم شده و پرت ایستگاه‌های مورد بررسی محاسبه و اصلاح شد. همچنین با توجه به این که در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی کشور، مقدار تشعشع روزانه ثبت نمی‌شود، لذا با در اختیار داشتن تعداد ساعت آفتابی، تشعشع روزانه با استفاده از رابطه آنگستروم (معادله 1) به صورت زیر تخمین زده شد (Almorox et al., 2005):

$$R_s = \left(a + b \frac{n}{N} \right) R_a \quad \text{معادله (1)}$$

همکاران (Loukas et al., 2008) اثرات تغییر اقلیم بر شدت خشکی‌سالی در منطقه تسالی¹ در یونان را مورد بررسی قرار دادند و برای تخمین شدت خشک‌سالی از شاخص SPI و از GIS برای تقسیم منطقه تسالی به 12 ناحیه یکنواخت هیدرولوژیکی بر اساس ژئومورفولوژی آن‌ها استفاده شد. در این مطالعه از مدل گردش عمومی CGCM₂ تحت دو سناریوی A₂ و B₂ در دوره 2020-2050 و 2070-2100 میلادی برای اثر تغییر اقلیم بر خشکی‌سالی در آینده استفاده شد. نتایج این بررسی نشان داد که شدت خشک‌سالی سالیانه برای همه مناطق هیدرولوژیکی و مقیاس‌های زمانی SPI با سناریوی A₂ افزایش می‌یابد. در یک بررسی دیگر ابرقویی و همکاران (Abarghouei et al., 2011) شاخص خشک‌سالی (SPI) را برای تجزیه و تحلیل روند خشکی در 30 سال گذشته در مقیاس‌های زمانی متفاوت (3، 6، 9، 12، 18 و 24 ماه) در 42 ایستگاه هواشناسی کشور مورد استفاده قرار دادند. نتایج این تحقیق روند منفی خشک‌سالی را در تعدادی از قسمت‌های ایران، به خصوص جنوب شرق، غرب و جنوب غرب نشان داد. نتایج همچنین نشان داد که هر چند برخی از نقاط ایران از جمله شمال (اطراف دریای خزر) و شمال شرقی روند قابل ملاحظه‌ای در خشک‌سالی مشاهده نمی‌شود، اما در دیگر قسمت‌های کشور شدت خشکی در طول 30 سال اخیر افزایش یافته است. در یک بررسی یان جان و همکاران (Yan Jun et al., 2012) خصوصیات سیر تکاملی خشکی را بر اساس شاخص خشک‌سالی (SPI) در حوضه رودخانه هواپیی در چین مورد ارزیابی قرار دادند. در این مطالعه از شاخص SPI برای تجزیه و تحلیل شاخص خشک‌سالی سالیانه (طی سال‌های 1961-2010 میلادی) استفاده شد. نتایج آن‌ها نشان داد که فراوانی خشک‌سالی در حوضه رودخانه کاهش و شدت خشک‌سالی در آغاز قرن 21 افزایش می‌یابد، اما مناطق خشک کاهش می‌یابد. نوع اصلی خشکی خفیف-متوسط بود، و خشک‌سالی شدید به ندرت رخ داده است. در شرایط فعلی تغییر اقلیم نتایج این تحقیق نشان داد که اثر منفی خشک‌سالی در حوضه رودخانه هواپیی بر تولید کشاورزی کاهشی خواهد بود.

با توجه به این که روند تغییر اقلیم در دنیا و از جمله ایران در حال وقوع است (Koocheki et al., 2006; Nassiri et al., 2006; Farhangfar et al., 2015; Moafi et al., 2012; Bannayan & Eyshi Rezaei, 2014; IPCC, 2014) و اثرات این پدیده در

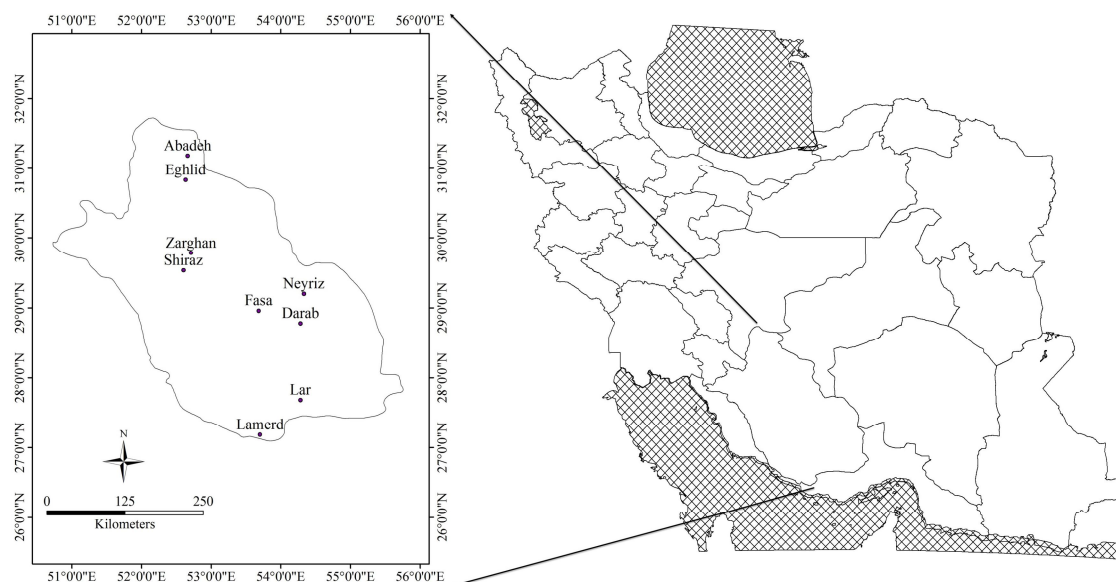
2- Weather data manager

1- Thessaly

جدول 1- خصوصیات اقلیمی ایستگاه‌های هواشناسی انتخاب شده برای مناطق مختلف در استان فارس

Table 1- Climatic characteristics of selected weather stations for the different regions in Fars province

منطقه Location	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	میانگین بلندمدت بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	ارتفاع از سطح دریا (متر) Elevation (m)
آبادیه Abadeh	31°18'	52°40'	137	2030
داراب Darab	28°78'	55°17'	269	1098
اقلید Eghlid	30°90'	52°38'	330	2300
فسا Fasa	28°96'	53°68'	294	1288
لامرد Lamerd	27°18'	53°7'	225	411
لار Lar	27°68'	54°17'	202	972
نیریز Neyriz	29°2'	54°33'	185	1632
شیراز Shiraz	29°53'	52°36'	329	1484
زرقان Zarghan	29°78'	52°71'	316	1596



شکل 1- موقعیت جغرافیایی محل انجام تحقیق

Fig. 1- The geographical area of the study locations

فرازمینی می‌باشد. متغیرهای a و b : ضرایب آنگستروم کالیبره شده محلی بر اساس موقعیت جغرافیایی منطقه هستند.

در این معادله، R_s : تشعشع روزانه (مگاژول در مترمربع)، n : تعداد ساعات آفتابی، N : حداکثر تعداد ساعات آفتابی ممکن و R_a : تشعشع

مدل‌های گردش عمومی و سناریوهای انتشار

در این مطالعه به منظور پیش‌بینی شرایط اقلیمی آینده از دو مدل گردش عمومی (HadCM3 و IPCM4) استفاده شد. با توجه به این‌که خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی تغییرات ماهیانه دما و بارش هستند و از طرفی برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم به ویژه برای پدیده خشک‌سالی و کشاورزی نیاز به داده‌هایی با مقیاس زمانی روزانه می‌باشد، از این‌رو از تکنیک‌های ریزمقیاسی استفاده شد (Wilby & Wigley, 1997). بدین منظور در این مطالعه از مولد آب و هوایی مبتنی بر احتمال LARS-WG استفاده شد.

از آن‌جا که روند آینده انتشار گازهای گلخانه‌ای از قطعیت کافی برخوردار نیست، به همین دلیل برای مطالعات تغییر اقلیم از سناریوهای مختلف، معمولاً در دوره‌هایی با طول 25، 50 و 100 سال یا بیشتر، استفاده می‌شود (Aggarwal, 1994). در این تحقیق از سه سناریوی انتشار A₁B و A₂, B₁ برای پیش‌بینی تغییرات احتمالی بارندگی در آینده استفاده شد. سناریوی SRES-A₂ شرایط ناهمگون جهان را با نرخ بالای رشد جمعیت، توسعه اقتصادی اندک و تغییر تکنولوژیکی آهسته نشان می‌دهد (Prudhomme et al., 2010). سناریوی SRES-B₁ جهان همگرایی را که پیک جمعیت جهان در اواسط قرن و تغییرات سریع در ساختارهای اقتصادی خدمات و اطلاعات اقتصادی است تعریف می‌کند (Wetterhall et al., 2009) و سناریوی SRES-A₁B جهان را با رشد اقتصادی سریع، پیک جمعیت جهانی در اواسط قرن و تکنولوژی‌های کارآمدتر بر اساس یک ترکیب انرژی متوازن توصیف می‌کند (Olesen et al., 2011). در جدول 2 غلظت CO₂ در دوره‌های مختلف تحت سناریوهای مذکور نشان داده شده است.

جدول 2- غلظت CO₂ (پی‌پی‌ام) در دوره‌ها و سناریوهای مختلف (Nakicenovic & Swart, 2000)

Table 2- CO₂ concentration (ppm) in different periods and scenarios in the future (Nakicenovic & Swart, 2000)

سناریوها Scenarios	2011-2030	2046-2065	2080-2099
B ₁	410	492	538
A ₂	414	545	754
A ₁ B	418	541	674

در این تحقیق از برنامه LARS-WG برای تولید بارش، تشعشع، دماهای کمینه و بیشینه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده در مقیاس زمانی روزانه و تحت سناریوهای مذکور در چهار دوره

(پایه، 2011-2030، 2046-2065 و 2080-2099 میلادی) استفاده شد. دوره پایه به طور میانگین 30 سال (1980-2010 میلادی) در نظر گرفته شد.

با توجه به افزایش غلظت CO₂ تحت همه سناریوهای انتشار، هیئت بین دولتی تغییر اقلیم در آخرین گزارش خود بیان کرد که دمای سطح کره زمین تا انتهای قرن 21، 1/5 الی 4 درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه (1850 تا 1900) افزایش خواهد داشت و این روند افزایشی بعد از سال 2100 نیز ادامه می‌یابد (IPCC, 2013).

اعتبارسنجی مدل اقلیمی

در مدل‌های شبیه‌سازی مقایسه بین مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده (واقعی)، مرحله مهمی قبل از به کارگیری مدل در انجام مطالعات شبیه‌سازی است. شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی تفاوت داده‌های مشاهده شده (دمای کمینه و بیشینه، بارندگی و تابش) و شبیه‌سازی شده مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این تحقیق یک شاخص مورد استفاده قرار گرفت. جذر میانگین مربعات خطا (RMSE¹) که اختلاف نسبی بین مشاهدات و داده‌های شبیه‌سازی شده را نشان می‌دهد (Huang et al., 2009):

$$RMSE = \frac{100}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (2) \text{ معادله}$$

که در این معادله، P_i و O_i: به ترتیب داده‌های شبیه‌سازی و مشاهده شده $\bar{O}$: میانگین داده‌های مشاهده شده و n: تعداد مشاهده‌ها است. چنانچه مقدار RMSE کمتر از 10 درصد باشد شبیه‌سازی عالی، بین 10 تا 20 درصد خوب، بین 20 تا 30 درصد متوسط و بیشتر از 30 درصد شبیه‌سازی ضعیف خواهد بود (Jamieson et al., 1991).

شاخص خشک‌سالی (SPI)

در تحقیق حاضر پس از پیش‌بینی بارندگی تحت شرایط تغییر اقلیم آینده، برای برآورد احتمال وقوع خشک‌سالی در آینده استان فارس از شاخص خشک‌سالی (SPI) استفاده شد. شاخص SPI (Mckee et al., 1993; Mckee et al., 1995) مبتنی بر احتمال بارش برای تعدادی از ماه‌های متوالی است و هدف اصلی آن بیان کمبود بارش یک منطقه در مقیاس زمانی خاص نسبت به اقلیم آن

1- Root mean squared error

بندی خشک‌سالی در این نرم‌افزار وجود دارد که در چهار گروه اصلی IDW^1 ، GPI^1 ، RBF^2 و $Kriging$ طبقه‌بندی می‌شوند (Eyvazi & Mosaedi, 2011). از میان این روش‌ها، تکرار استفاده از روش IDW بیشتر از بقیه بوده است (Khosravi et al., 2012) و در مطالعات مختلفی مورد استفاده قرار گرفته است (Mohamadian et al., 2009; Shahian et al., 2011). از این‌رو در این تحقیق نیز، از بین روش‌های موجود برای درون‌یابی از روش IDW^3 استفاده شد. در این روش برای درون‌یابی فضایی مقادیر شاخص خشک‌سالی و در نهایت، پهنه‌بندی آن‌ها از روش عکس فاصله استفاده می‌شود. این روش یکی از معمول‌ترین تکنیک‌های درون‌یابی نقاط پراکنده در فضا است که اساس آن بر مبنای این فرضیه استوار است که در یک سطح درون‌یابی اثر یک پارامتر بر نقاط اطراف یکسان نیست و نقاط نزدیک بیشتر و نقاط دور تأثیر کمتری دارند و هر چه فاصله از مبدأ افزایش یابد، اثر کمتر خواهد شد (Ansari & Davari, 2007).

نتایج و بحث

ارزیابی مدل اقلیمی

نتایج ارزیابی داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی با استفاده از شاخص ارزیابی مدل (معادله 2) در جدول 4 نشان داده شده است. نتایج به دست‌آمده نشان داد که مدل LARS-WG مقادیر دمای کمینه و بیشینه و همچنین تشعشع را بسیار خوب شبیه‌سازی می‌کند، اما دقت آن در شبیه‌سازی بارش نسبتاً کمتر از سایر متغیرهای اقلیمی بود که این موضوع برای متغیر بارش که نوسانات بالایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد، منطقی به نظر می‌رسد. مقادیر RMSE به دست‌آمده برای تشعشع، دمای بیشینه و کمینه نشان‌دهنده شبیه‌سازی بسیار عالی این متغیرها توسط مدل LARS-WG بود (جدول 4). مقدار شاخص RMSE برای متغیر بارش 11/48 برآورد شد که برای این متغیر مقدار قابل قبولی است. به طور کلی، نتایج تحقیقات دیگر نیز نشان می‌دهد که این مدل در شبیه‌سازی بارش در مقایسه با دیگر پارامترها دقت کمتری دارد اما با توجه به اقلیم منطقه مورد مطالعه (Hajarpour et al., 2012; Valizadeh et al., 2013; Bannayan & Eyshi Rezaie, 2014; Farhangfar et al., 2015) نتایج می‌تواند متفاوت باشد.

منطقه است (Prieto-Gonzalez et al., 2011). شاخص SPI بر اساس اختلاف میان مقدار بارندگی در هر ماه و میانگین بارندگی در دوره زمانی مشخص بر انحراف معیار بارندگی در آن مقیاس زمانی محاسبه می‌گردد (معادله 3). مهم‌ترین مزیت این شاخص در مقایسه با سایر شاخص‌ها، قابلیت محاسبه در مقیاس‌های زمانی مختلف است که باعث می‌شود این شاخص بتواند اثرات دوره‌های کوتاه‌مدت ذخایر آب (از جمله رطوبت خاک که در تولیدات کشاورزی نقش مهمی دارد) و اثرات دوره‌های طولانی‌مدت منابع آب (از جمله ذخایر آب زیرزمینی، سطح آب مخازن و جریان رودخانه‌ای) را پایش نماید (Mosaedi & Ghobadi Sogh, 2011). مقیاس‌های زمانی می‌توانند 3، 6، 12 و یا 24 ماهه باشند که در این بررسی از مقیاس زمانی 12 ماهه استفاده شد و این شاخص برای دوره پایه و سه دوره آینده محاسبه گردید:

$$SPI = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x} \quad \text{معادله (3)}$$

در این معادله، X_i : بارندگی در هر ماه، میانگین بارندگی در مقیاس زمانی مورد مطالعه و S_x : انحراف معیار بارندگی در مقیاس زمانی می‌باشد. بر اساس این شاخص دوره خشک‌سالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به‌طور مستمر منفی و به مقدار 1- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که مقدار SPI مثبت شود. دامنه طبقه‌ها برای تعیین ترسالی و خشک‌سالی بر اساس نمایه SPI در جدول 2 نشان داده شده است (Edward & Mckee, 1997). در این تحقیق، داده‌های واقعی بارش در مناطق مورد مطالعه با استفاده از معادله (5) به مقادیر SPI تبدیل گردید و سپس با استفاده از مقیاس طبقه‌بندی شدت ترسالی‌ها و خشک‌سالی‌ها (جدول 3)، طبقه‌بندی شهرستان‌های مورد مطالعه انجام شد.

سیستم اطلاعات جغرافیایی

در این مطالعه برای تهیه نقشه‌های خشک‌سالی و خطوط هم‌شدت خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن در استان فارس از نرم‌افزار GIS 9.3 استفاده شد. برای تهیه این نقشه‌ها ابتدا مختصات ایستگاه‌های مورد بررسی به صورت درجه-اعشار در یک فایل اکسل تهیه شد. در این جدول، X: طول جغرافیایی و Y: عرض جغرافیایی هر ایستگاه و ستون‌های بعدی نام ایستگاه و مقادیر SPI می‌باشد. سپس این اطلاعات در فایل تهیه شده وارد محیط نرم‌افزار GIS 9.3 شد و نقشه‌های خشک‌سالی ترسیم گردید. روش‌های گوناگونی برای پهنه-

1- Global polynomial interpolation
2- Radial basis functions
3- Inverse distance weighted

جدول 3- مقیاس‌های طبقه‌بندی برای SPI

Table 3- Classified scales for SPI

مقیاس طبقه- بندی Classified scale	خشکی حاد Special drought	شدید Severe	ملایم Medium	نرمال Normal	مرطوب متوسط Medium wet	مرطوب شدید Severe wet	بی‌نهایت مرطوب Extremely wet
مقدار value	$-2 \leq SPI$	$-1.99 < SPI \leq -1.5$	$-1.49 < SPI \leq -1$	$-0.99 < SPI \leq 0.99$	$1 < SPI \leq 1.49$	$1.5 < SPI \leq 1.99$	$2 \leq SPI$

جدول 4- نتایج ارزیابی مدل اقلیمی برای بارش، تابش، دمای کمینه و بیشینه در شیراز

Table 4- Results of climate model evaluation for rainfall, radiation, maximum and minimum temperatures in Shiraz

شاخص Parameter	دمای بیشینه Max temperature	دمای کمینه Min temperature	تسعهشع Radiation	بارش Precipitation
جزر میانگین مربعات خطا RMSE	0.46	1.02	0.51	11.48

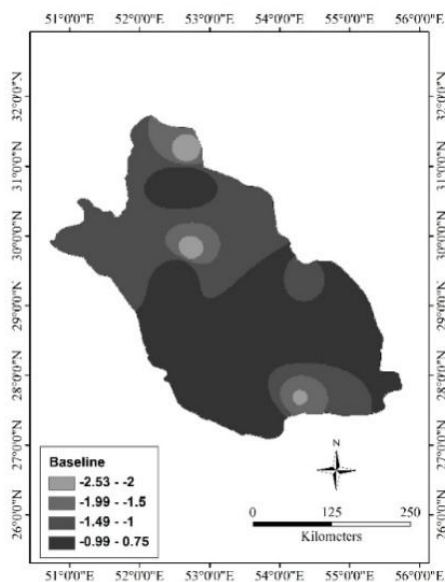
خشک‌سالی در مقیاس زمانی 12 ماهه در دوره پایه (شکل 2) نیز بیان‌گر آن است که به طور کلی کمترین شدت خشک‌سالی در نیمه جنوبی استان و بیشترین شدت خشک‌سالی در نیمه شمالی استان فارس و بخش محدودی از نیمه جنوبی مشاهده می‌شود و شیب شدت خشک‌سالی از شمال به سمت جنوب استان کم می‌شود. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که در دوره پایه بخش وسیعی از استان فارس در طبقه نرمال قرار می‌گیرد که شهرستان‌های نیریز، داراب، فسا، لامرد و اقلید جزء این طبقه هستند و عمدتاً در نیمه جنوبی این استان قرار گرفته‌اند. همچنین در دوره پایه فقط مناطق محدودی در طبقه خشکی حاد قرار گرفته است که شهرستان‌های آباده، زرقان و لار جزء این طبقه می‌باشند. نتایج دیگر محققین نیز نشان‌گر وجود خشکی در برخی مناطق است. به طور مثال انصاری و داوری (Ansari & Davari, 2007) در استان خراسان رضوی در دوره آماری 33 ساله (1968 تا 2000 میلادی) نشان دادند که در سال‌های اخیر تداوم خشکی‌ها افزایش پیدا کرده ولی تا حدودی از شدت آن‌ها کاسته شده است. همچنین، نتایج آن‌ها نشان داد که در کلیه مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه تکرار دوره‌های خشک افزایش یافته اما از شدت آن‌ها تا حدودی کاسته شده است. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2007) نیز در یک مطالعه در 26 ایستگاه استان فارس طی دوره 32 ساله (1342 تا 1378 شمسی) نشان دادند که کمترین شدت خشک‌سالی در مقیاس زمانی 12 ماهه در نواحی جنوبی، بیشترین شدت خشک‌سالی در نواحی مرکزی مشاهده می‌شود و نواحی شمالی از خشک‌سالی کمتری برخوردار بود. در یک بررسی

در همین زمینه خلیلی اقدم و همکاران (Khalili Aghdam et al., 2012) در بررسی ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی برخی از متغیرهای جوی سندج نشان دادند که مدل با دقت بالایی قادر به شبیه‌سازی متغیرهای دمای کمینه، بیشینه و تسعهشع می‌باشد، اما در شبیه‌سازی بارش نسبت به دیگر متغیرها خطای بیشتری نشان می‌دهد. در مطالعه‌ای دیگر، حاجریور و همکاران (Hajarpour et al., 2012) بیان کردند که مدل LARS-WG در مناطق مورد بررسی (گراگان، گنبد و مشهد) برای شبیه‌سازی بارش ضعیف عمل کرد که دلیل آن نوع اقلیم منطقه عنوان شد. حشمی و همکاران (Hashmi et al., 2009) نشان دادند که LARS-WG توانایی قابل قبولی در شبیه‌سازی بارش دارد. فرهنگ‌فر و همکاران (Farhangfar et al., 2015) نیز در استان خراسان نشان دادند که مدل LARS-WG کلیه پارامترها را با دقت بالایی شبیه‌سازی کرده است اما دقت مدل در شبیه‌سازی بارش در مقایسه با دیگر پارامترها کمتر بوده است.

شاخص خشکی دوره پایه

نتایج نشان داد که شهرستان‌های زرقان، آباده و لار در دوره گذشته بر اساس شاخص خشک‌سالی در طبقه خشکی حاد (به ترتیب 2/54-، 2/48- و 2/09-) قرار گرفته‌اند و در سایر شهرستان‌های استان فارس به جز نیریز که جزء طبقه خشکی ملایم است (1/32-) سایر مناطق در کلاس نرمال قرار گرفته‌اند (جدول 5). پهنه‌بندی

(HadCM₃ و IPCM₄) تحت سه سناریوی انتشار (A₂ و A₁B, B₁) در شکل‌های 3، 4 و 5 نشان داده شده است.



شکل 2- پهنه‌بندی استان فارس بر اساس شاخص SPI در دوره پایه
Fig. 2- Zoning map of the Fars province based on SPI in the baseline

نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات شاخص خشک‌سالی تحت شرایط تغییر اقلیم در بین مناطق مورد بررسی نسبت به دوره پایه در شهرستان‌های زرقان، لامرد و لار مشاهده شد. به این صورت که، شهرستان‌های زرقان و لار که بر اساس شاخص بارش استاندارد در طبقه خشکی حاد قرار داشته‌اند (به ترتیب 2/54- و 2/09-) در آینده و تحت شرایط تغییر اقلیم در طبقه نرمال قرار می‌گیرند. همچنین، در شهرستان لامرد که در دوره پایه در طبقه نرمال قرار داشته است (0/75)، تحت شرایط تغییر اقلیم آینده در طبقه خشکی حاد قرار می‌گیرد (شکل 3).

شهرستان‌های اقلید، داراب و فسا نیز کمترین تغییر شاخص خشک‌سالی را در آینده نسبت به دوره پایه خواهند داشت. به طوری که در دوره پایه (0/07، 0/31 و 0/88-) و شرایط تغییر اقلیم آینده در طبقه نرمال قرار می‌گیرند. نتایج همچنین نشان داد که در میان شهرستان‌های مورد مطالعه فقط دو شهرستان اقلید و داراب هستند که هم در شرایط گذشته و هم سناریوهای آینده شاخص خشک‌سالی در آن‌ها مثبت شده است.

دیگر ژيانگ و همکاران (Jiang et al., 2014) در شانگ‌های چین نشان دادند که با استفاده از شاخص‌های SPI و SPEI طول مقادیر منفی (خشک) و مقادیر مثبت (مرطوب) کوتاه‌تر شده است، اما فراوانی این شاخص‌ها در مقیاس‌های زمانی کوتاه (به عنوان مثال شش ماه) بیشتر شده است. با این حال، وقتی طول دوره‌های خشکی برای مقیاس‌های زمانی بلند (به عنوان مثال، 24 ماه) طولانی‌تر می‌شود فراوانی دوره‌ها با مقادیر مثبت (مرطوب) و منفی (خشک)، کمتر ولی طول آن‌ها بیشتر می‌شود.

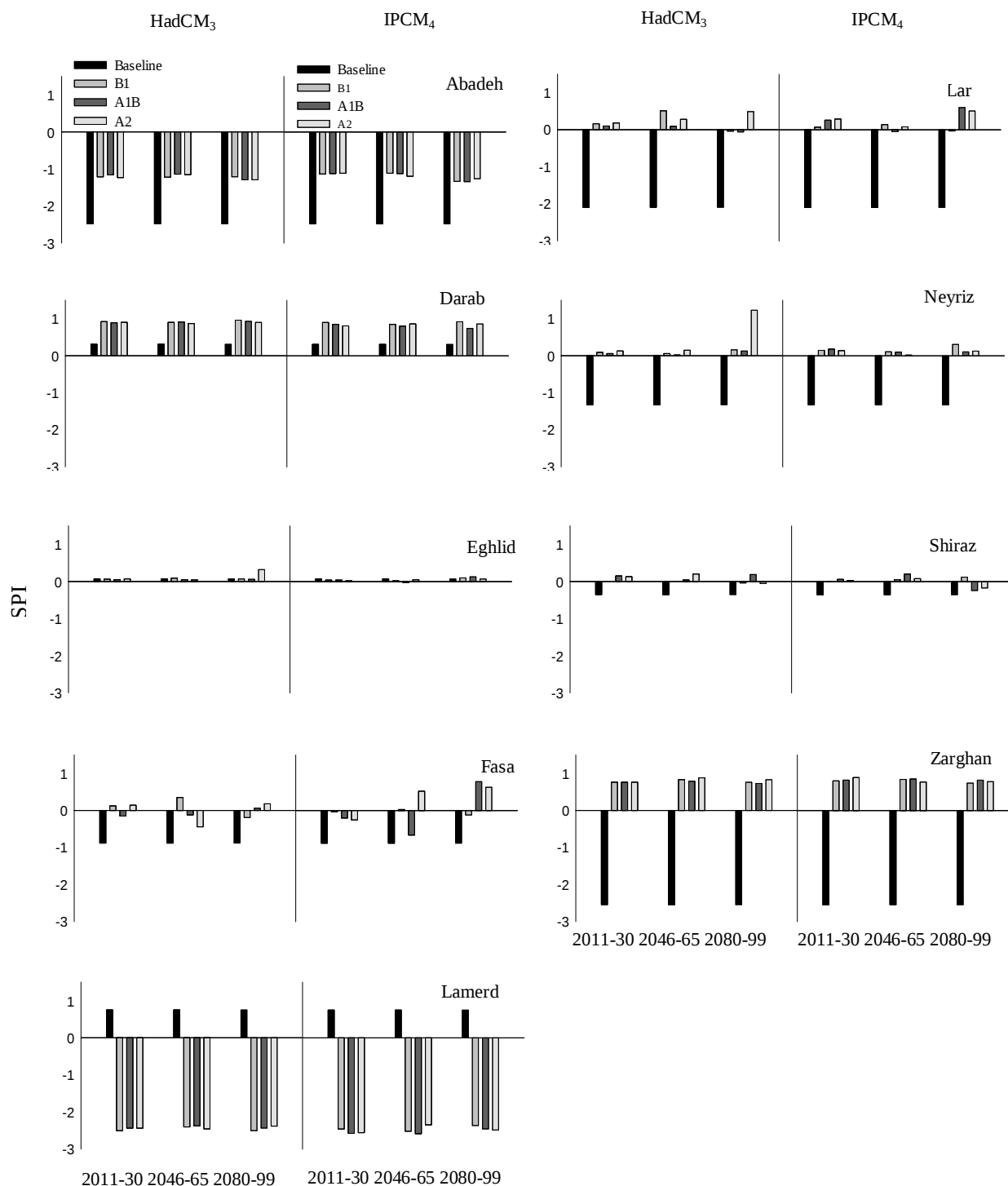
جدول 5- مقادیر SPI برای شهرستان‌های مورد بررسی در دوره پایه
Table 5- SPI values for the study locations in the baseline

منطقه	شاخص خشک‌سالی
Location	SPI value
آباد	-2.48
Abadeh	
داراب	0.31
Darab	
اقلید	0.07
Eghlid	
فسا	-0.88
Fasa	
لامرد	0.75
Lamerd	
لار	-2.09
Lar	
نیریز	-1.32
Neyriz	
شیراز	-0.35
Shiraz	
زرقان	-2.54
Zarghan	

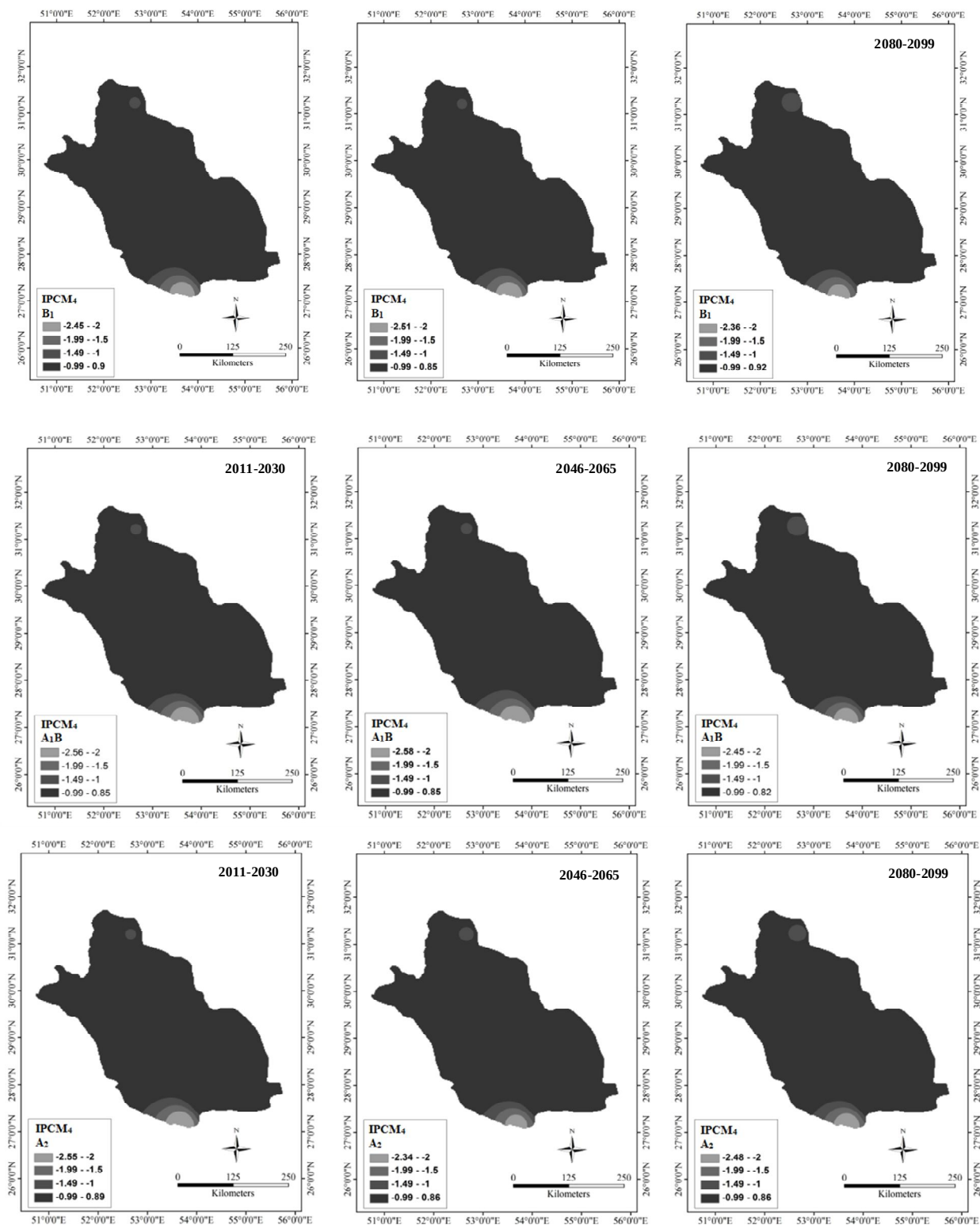
3-3- شاخص خشکی در آینده

نتایج آزمون t نشان داد که بین مدل‌های HadCM₃ و IPCM₄ در شبیه‌سازی اقلیم آینده و شاخص خشک‌سالی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($t=0.96$; $p \geq 0/05$) و برای بررسی شاخص خشک‌سالی تحت شرایط تغییر اقلیم در استان فارس می‌توان تنها از یکی از مدل‌ها استفاده کرد. نتایج مطالعات دیگر نیز نشان داده است که بین مدل‌های گردش عمومی HadCM₃ و IPCM₄ به منظور پیش‌بینی اقلیم آینده استان فارس اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Eyni, Nargeseh et al., 2014; Eyni, Nargeseh, 2014).

نتایج شبیه‌سازی‌ها پس از محاسبه شاخص خشک‌سالی و پهنه‌بندی آن تحت شرایط تغییر اقلیم با استفاده از دو مدل اقلیمی

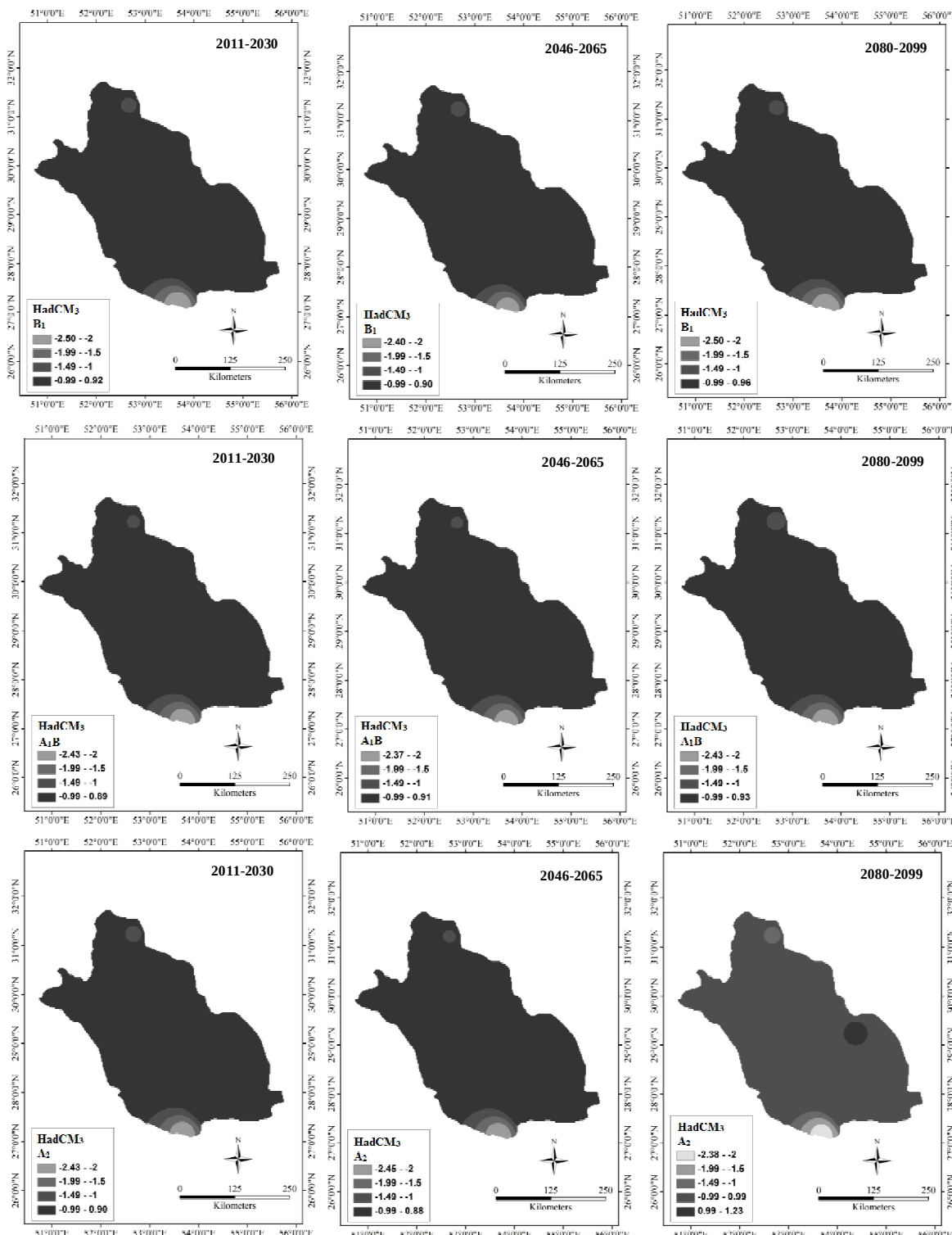


شکل 3- مقایسه شاخص خشکسالی (SPI) در دوره پایه و شرایط تغییر اقلیم آینده در شهرستان‌های مورد بررسی در استان فارس
Fig. 3- Comparison of SPI index in baseline and future climate change conditions in the study locations of Fars province



شکل 4- نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص خشکی در آینده استان فارس تحت سناریوهای مختلف انتشار با استفاده از مدل IPCM₄

Fig. 4- Zoning maps of aridity index in Fars province under different emission scenarios using IPCM₄ model



شکل 5- نقشه‌های پهنه‌بندی شاخص خشکی در آینده استان فارس تحت سناریوهای مختلف انتشار با استفاده از مدل HadCM₃

Fig. 5- Zoning maps of aridity index in Fars province under different emission scenarios using HadCM₃ model

دلیل اختلاف بین شاخص خشک‌سالی در بین شهرستان‌های مورد بررسی و همچنین اختلاف بین این شاخص در دوره پایه نسبت به شرایط تغییر اقلیم آینده می‌تواند افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن، گرمایش جهانی و تغییر الگوهای بارندگی در منطقه باشد. در این مطالعه همان‌طور که در شکل‌های 3، 4 و 5 نشان داده شده است، به طور کلی شاخص خشک‌سالی بین سناریوهای مورد بررسی اختلافی چندانی ندارد. با توجه به شکل‌ها مشخص می‌شود که در هر شهرستان تحت شرایط تغییر اقلیم و دوره‌های مورد مطالعه، این شاخص برای سناریوهای B_1 ، A_1B و A_2 در یک طبقه (جدول 3) قرار می‌گیرد. تنها در شهرستان نیریز تحت سناریوی A_2 در دوره 2080-2099 میلادی با استفاده از مدل $HadCM_3$ شاخص خشک-سالی در طبقه مرطوب متوسط قرار دارد، در حالی که دو سناریوی دیگر (A_1B و B_1) در طبقه نرمال قرار گرفته اند.

همان‌گونه که نقشه‌های پهنه‌بندی نشان می‌دهند که عمده مناطق استان فارس تحت شرایط تغییر اقلیم آینده با استفاده از شاخص بارش استاندارد در طبقه نرمال قرار می‌گیرند. به این صورت که مناطقی که در گذشته در طبقه خشکی ملایم بوده‌اند (داراب، اقلید، فسا و شیراز) در آینده تحت شرایط سناریوهای انتشار در طبقه نرمال خواهند بود. نتایج این تحقیق به طور کلی نشان می‌دهد که در آینده استان فارس، مناطق کمتری در طبقه خشکی شدید و حاد قرار خواهند گرفت. همچنین با توجه به شکل‌های 4 و 5 مشخص می‌شود که منطقه آباده که در دوره پایه در طبقه خشکی حاد قرار داشته است ($2/48$ -) به طبقه خشکی شدید منتقل می‌شود و لامرد که در مناطق با طبقه نرمال بوده است ($0/75$) به طبقات پایین‌تر (خشک‌تر) منتقل خواهد شد. در نهایت، شهرستان لار که در دوره پایه در طبقه خشکی حاد قرار داشته است ($2/09$ -) همانند اکثر نواحی استان فارس در آینده در طبقه نرمال قرار خواهد گرفت.

تحقیقات مختلفی در زمینه تغییرات شاخص‌های مختلف خشک-سالی تحت شرایط تغییر اقلیم به انجام رسیده است. در یک بررسی دستورانی و همکاران (Dastorani et al., 2011) اثرات بالقوه تغییر اقلیم را بر شاخص‌های خشک‌سالی (RDI و SPI) تحت دو سناریوی B_2 و A_2 در دو دوره پایه و 2010-2039 میلادی مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که شاخص‌های مورد مطالعه تحت سناریوی A_2 روند منفی خواهند داشت، در حالی که این شاخص‌ها

تحت سناریوی B_2 روند مثبتی خواهند داشت. همچنین نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات شاخص خشک‌سالی SPI در مقایسه با دوره پایه کمتر خواهد بود. در حالی که تغییرات شاخص RDI^1 در مقایسه با مقادیر این شاخص (SPI) در دوره پایه بالاتر خواهد بود. در یک تحقیق دیگر در منطقه تسالی یونان، لوکاس و همکاران (Loukas et al., 2008) اثرات تغییر اقلیم را بر شدت خشکی تحت دو سناریوی A_2 و B_2 در سه دوره پایه، 2020-2050 و 2070-2100 میلادی با استفاده از شاخص SPI مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد کل ماه‌های خشک سال در دوره‌های 30 ساله مورد بررسی تحت شرایط اقلیم آینده که شاخص خشک‌سالی کمتر از یک است، در مقایسه با دوره پایه افزایش خواهد یافت. همچنین، افزایش در تعداد ماه‌های خشک تحت سناریوی A_2 بیشتر از سناریوی B_2 بود. تعداد ماه‌های خشک در دوره 2070-2100 میلادی نیز بیشتر از دو دوره دیگر بود.

مقایسه دوره‌های مختلف شبیه‌سازی شده در آینده استان فارس (شکل‌های 3 و 4) نشان می‌دهد که شاخص SPI در هر سه دوره مورد مطالعه در مقایسه با دوره پایه تغییر خواهد کرد و اکثر مناطق استان فارس در طبقه نرمال قرار خواهند گرفت. نتایج آزمون آماری t در سطح پنج درصد آماری نشان داد که این شاخص در آینده به طور میانگین در همه مناطق مورد مطالعه بین هر سه دوره اختلاف معنی‌داری ندارد و به طور کلی، در بین هر سه دوره تغییر معنی‌داری در این شاخص مشاهده نشده (جدول 6) و اکثر مناطق در طبقه نرمال قرار دارند. تنها نکته قابل توجه تحت سناریوی A_2 و مدل اقلیمی $HadCM_3$ در دوره سوم مشاهده می‌شود که در این دوره منطقه نیریز که در دوره پایه در طبقه خشکی ملایم بوده ($1/32$ -)، در طبقه مرطوب متوسط ($1/23$) قرار خواهد گرفت.

نتایج آزمون آماری t در سطح پنج درصد نیز نشان داد که بین سناریوهای مورد بررسی از نظر شاخص خشک‌سالی تحت شرایط تغییر اقلیم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول 7). با این وجود در تمامی مناطق مورد بررسی و تحت شرایط تغییر اقلیم آینده، شاخص SPI بین سناریوهای مختلف انتشار در مقایسه با دوره پایه تفاوت وجود داشت. به این صورت که در هر سه سناریوی انتشار این شاخص تغییر کرده است و بیشتر مناطق استان در طبقه نرمال قرار گرفته‌اند.

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی نیز مشخص شد که شاخص خشک‌سالی در بین سناریوهای انتشار تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 7) و در هر سه سناریو اکثر مناطق استان فارس در طبقه نرمال قرار گرفته اند.

جدول 6- مقایسه دوره‌های شبیه‌سازی تحت تغییر اقلیم آینده فارس با در نظر گرفتن شاخص SPI با استفاده از آزمون t
Table 6- Comparison of simulation periods under future climate change in Fars province regarding to SPI index using t-test

دوره ها Periods	آزمون آماری Statistical test	خطای استاندارد Standard error	احتمال معنی‌داری P- value
2046-2065 & 2011-2030	0.96 ^{ns}	0.19	0.99
2080-2099 & 2011-2030	0.78 ^{ns}	0.19	0.77
2080-2099 & 2046-2065	0.82 ^{ns}	0.19	0.77

ns: به معنای عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین دوره‌های مورد بررسی می‌باشد.

ns: Means absence of significant difference between the study periods.

جدول 7- مقایسه سناریوهای انتشار تحت تغییر اقلیم آینده فارس با در نظر گرفتن شاخص SPI با استفاده از آزمون t
Table 7- Comparison of emission scenarios under future climate change in Fars province regarding to SPI index using t-test

سناریوها scenarios	آزمون آماری Statistical test	خطای استاندارد Standard error	احتمال معنی‌داری P value
A ₁ B & B ₁	0.94 ^{ns}	0.19	0.94
A ₂ & B ₁	0.77 ^{ns}	0.19	0.83
A ₂ & A ₁ B	0.71 ^{ns}	0.19	0.87

ns: به معنای عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین سناریوهای انتشار می‌باشد.

ns: Means absence of significant difference between emission scenarios.

مدل HadCM₃ تحت سناریوی A₂ در دوره 2080-2099 در نیریز (1/33) و کمترین شدت خشک‌سالی در شهرستان لامرد (2/58-) در دوره 2046-2065 با استفاده از مدل IPCM₄ و تحت سناریوی A₁B به دست آمد. با توجه به این که استان فارس یکی از قطب‌های اصلی تولید محصولات کشاورزی است بهبود شاخص خشکی و قرار گرفتن اکثر مناطق استان در طبقه نرمال تحت شرایط تغییر اقلیم می‌تواند برای کشاورزی استان فارس به خصوص محصولات دیم مناسب باشد. البته باید افزایش دما در شرایط تغییر اقلیم نیز مدنظر قرار گیرد که باعث افزایش تبخیر و تعرق شده و باید محصولات مناسب کشت شوند.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی (Shahid Beheshti University, G.C.) با شماره قرارداد 600/4330/ مصوب 1393/12/20 به انجام رسیده است که بدین-وسیله تشکر و قدرانی می‌شود.

به طور کلی، در این تحقیق بیشترین شدت خشک‌سالی با استفاده از هر دو مدل اقلیمی تحت سناریوها و دوره‌های مختلف در شهرستان نیریز مشاهده شد (1/33) که در دوره 2080-2099 با استفاده از مدل HadCM₃ و تحت سناریوی A₂ به دست خواهد آمد. همچنین در این بررسی کمترین شدت خشک‌سالی در شهرستان لامرد مشاهده شد (2/58-) که در دوره 2046-2065 با استفاده از مدل IPCM₄ و تحت سناریوی A₁B به دست خواهد آمد.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار شاخص خشک‌سالی در دوره پایه در شهرستان لامرد (0/75) و کمترین مقدار در شهرستان زرقان (2/54-) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد در دوره پایه بخش عمده‌ای از استان فارس در طبقه نرمال (عمدتاً نیمه جنوبی) و خشکی ملایم (عمدتاً نیمه شمالی) قرار دارند و در شرایط تغییر اقلیم آینده بخش عمده‌ای از این استان با استفاده از این شاخص در طبقه نرمال قرار خواهند گرفت. در آینده و تحت شرایط تغییر اقلیم آینده بیشترین شدت خشک‌سالی با استفاده از

- 1- Abarghouei, B.H., Asadizarch, M.A., Dastorani, M.T., Kousari, M.R., and Safari Zarch, M. 2011. The survey of climatic drought trend in iran. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 25: 851-863.
- 2- Aggarwal, P.K. 1994. Simulating the effect of climatic factors, genotype and management on productivity of wheat in India. *Agricultural Research Institute* p. 1-11.
- 3- Almorox, J., Benito, M., and Hontoria, C. 2005. Estimation of monthly Angstrom-Prescott equation coefficients from measured daily data in Toledo, Spain. *Renewable Energy* 30: 931-936.
- 4- Ansari, H., and Davari, K. 2007. Zoning drought period using standardized precipitation index in GIS (case study: Khorasan province). *Journal of Geographical researches* 60: 97-108. (In Persian)
- 5- Babaeian, I., Najafi Nik, Z., Zabol Abasi, F., Habibi Nokhandan, M., Adab, H., and Malbousi, S. 2010. Assessment of climate change of country in 2010-2039 period using General Circulation Model data of ECHO-G. *Quarterly of Geography and Development* 16: 135-152. (In Persian)
- 6- Bannayan, M., and Eyshi Rezaei, E. 2014. Future production of rainfall wheat in Iran (Khorasan province): Climate change scenario analysis. *Mitigation Adaptation Strategy Global Change* 19: 211-227.
- 7- Bannayan, M., Kobayashi, K., Kim, H.Y., Liffering, M., Okada, M., and Miura, S. 2005. Modeling the interactive effects of atmospheric CO₂ and N on rice growth and yield. *Field Crops Research* 93: 237- 251.
- 8- Bannayan, M., Lotfabadi, S., Sanjani, S., Mohammadian, A., and Agaalkhani, M. 2011. Effects of precipitation and temperature on cereal yield variability in northeast of Iran. *International Journal of Biometeorology* 55: 387-401.
- 9- Bhalme, H.N., and Mooley, D.A. 1980. Large-scale droughts-floods and monsoon circulation. *Monthly Weather Review* 108: 1197-1211.
- 10- Confalonieri, U., Menne, B., Akhtar, R., Ebi, K.L., Hauengue, M., Kovats, R.S., Revich, B., and Woodward, A. 2007. Human Health, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., and Hanson, C.E. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 391-431.
- 11- Dastorani, M.T., Massah Bavani, A.R., Poormohammadi, S., and Rahimian, M.H. 2011. Assessment of potential climate change impacts on drought indicators (case study: Yazd station, central Iran). *Desert* 16: 159-167.
- 12- Dibike, Y.B., and Coulibaly, P. 2005. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: Comparison of downscaling methods and hydrologic models. *Journal of Hydrology* 307: 145-163.
- 13- Dinar, A., Mendelsohn, R., Evenson, R.E., Parikh, J., Sanghi, A., Kumar, K., McKinsey, J., and Lonergan, S. 1998. Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture. *World Bank Technical Paper* 402, Washington, D.C. p. 281.
- 14- Edwards, D.C., and McKee, T.B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report Number* 97-2. p. 155. Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- 15- Eyni Nargeseh, H. 2014. Predicting the possible impacts of climate change on wheat yield in Fars province using APSIM-Wheat. Master Dissertation, Department of Agroecology, Shahid Beheshti University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- 16- Eyni Nargeseh, H., Deihim Fard, R., Soufizadeh, S., Haghighat, M., and Nouri, O. 2014. Predicting impacts of climate change on irrigated Wheat yield in Fars province. In the conference of new finding in environmental and agricultural ecosystems, Tehran university, Iran, 20 December 2014. (In Persian with English Summary)
- 17- Eyshi Rezaie, E., and Bannayan, M. 2012. Rainfed wheat yields under climate change in northeastern Iran. *Meteorological Application* 19: 346-354.
- 18- Eyvazi, M., and Mosaedi, A. 2011. Monitoring and analysis of meteorological drought in Golestan province using geostatistical methods. *Journal of Range and Watershed* 1: 65-78.
- 19- Farhanfar, S., Bannayan, M., Khazaei, H.R., and Mousavi Baygi, M. 2015. Vulnerability assessment of wheat and maize production affected by drought and climate change. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 13: 37-51.
- 20- Gandomkar, A., Hoseini Laghab, G.H.H., and Tirband, M. 2010. Zoning climate of Fars province by De Martonne method using GIS. *National Conference of Human, Environment and Sustainable Development*. 10-11 March.

- Islamic Azad University of Hamedan, Iran. (In Persian)
- 21- Hajarpoor, A., Yousefi, M., and Kamkar, B. 2012. Accuracy Assessment of Weather Assimilators of CLIMGEN, LARS-WG and Weather Man in Assimilation of three Different Climatic Parameters of three Different Climates (Gorgan, Gonbad and Mashhad). *Geography and Development Iranian Journal* 12(35): 201-216. (In Persian with English Summary)
 - 22- Hammer, G.L., and Nicholls, N. 1996. Managing for climate variability: The role of seasonal climate forecasting in improving agricultural systems, In: *Proc. Second Australian Conference on Agricultural Meteorology*. Bureau of Meteorology, Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia p. 19-27.
 - 23- Hashmi, M.Z., Shamseldin, A.Y., and Melville, B.W. 2009. Downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach. The 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on modelling and Simulation. Cairns, Australia.
 - 24- Hoogenboom, G., Jones, J.W., Porter, C.H., Wilkens, P.W., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., and Tsuji, G.Y. 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Vol. I: Overview. University of Hawaii, Honolulu, HI p. 60.
 - 25- 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. *Agriculture and Forest Meteorology* 149: 106-129.
 - 26- Hulme, M., Barrow, E.M., Arnell, N.W., Harisson, P.A., Jones, T.C., and Dowing, T.E. 1999. Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. *Nature* 397: 688-691.
 - 27- IPCC. 2007. Climate change (2007): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge, UK, and New York, NY, USA. 996 pp.
 - 28- IPCC. 2013. Summary for policymakers. In: *Climate Change (2013): Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
 - 29- IPCC. 2014. Summary for policymakers. In: *Climate Change (2014): Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., and White, L.L. (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA p. 1-32.
 - 30- Jamieson, P.D., Porter, J.R., and Wilson, D.R. 1991. A test of the computer simulation model ARCWHEAT1 on wheat crops grown in New Zealand. *Field Crops Research* 27: 337- 350.
 - 31- Jiang, R., Xie, J., He, H., and Lou, J. 2014. Use of four drought indices for evaluating drought characteristics under climate change in Shaanxi, China: 1951-2012, *Nat Hazards*.
 - 32- Khaliliaqdam, N., Mosaedi, A., Soltani, A., and Kamkar, B. 2013. Evaluation of ability of LARS-WG model for simulation some weather parameters in Sanandaj. *Journal of Water and Soil Conservation* 19(4): 85-102. (In Persian with English Summary)
 - 33- Khosravi, M., Movagheri, A.R., and Mansoori Daneshvar, M.R. 2011. Assessment of PNI, RAI, SIP and SPI for zoning drought severity of Iran by comparing two interpolation method IDW and digital elevation model DEM. *Geography and Environmental Sustainability* 5: 53-70. (In Persian with English Summary)
 - 34- Kilsby, C.G., and Jones, P.D. 2007. A daily weather generator for use in climate change studies. *Environmental Modeling and Software* 22: 1705-1719.
 - 35- Koocheki, A., Nassiri, M., Kamali, G.A., and Shahandeh, H. 2006. Potential impacts of climate change on agroclimatic indicators in Iran. *Arid Lands Research and Management* 20: 245-259.
 - 36- Li, B., Su, H., Chen, F., Wu, J., and Qi, J. 2013. The changing characteristics of drought in China from 1982 to 2005. *Nat Hazards* 68: 723-743.
 - 37- Loukas, A., Vasidiales, L., and Tzabiras, J. 2008. Climate change effects on drought severity. *Advances in Geosciences* 17: 23-29.
 - 38- McKee, N.J., Doesken, T.B., and Kleist, J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. *Proceedings of the*

- Ninth Conference on Applied Climatology Boston, MA. American Meteorological Society p. 233-236.
- 39- McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology*. Boston, MA: American Meteorological Society 179-184.
- 40- Moafi Madani, F., Mousavi Baygi, M., and Ansari, H. 2012. Predicting of drought in the Khorasan Razavi province during 2011-2030 by using statistical downscaling of HadCM₃ model output. *Geography and Environmental Hazards* 3: 3-4.
- 41- Mohamadian, A., Kouhi, M., Adineh Baigi, A., Rasouli, S.J., and Bazrafshan, B. 2010. Comparison of monitoring of drought using SPI, DI and PNI and zoning them (case study: northern Khorasan province). *Journal of Water and Soil Conservation* 17(1): 177-184. (In Persian with English Summary)
- 42- Moradi, H.R., Rajabi, M., and Faraj Zadeh, M. 2007. Analysis of trend and spatial characteristics of drought severities in Fars province. *Journal of Pasture and Desert researches* 14(1): 97-109. (In Persian with English Summary)
- 43- Mosaedi, A., and Ghobadi Sogh, M. 2011. Modification of Standardized Precipitation Index (SPI) based on relevant probability distribution function. *Journal of Water and Soil* 25(5): 1206-1216. (In Persian with English Summary)
- 44- Nakicenovic, N., and Swart, R. 2000. Emissions scenarios. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- 45- Nassiri, M., Koocheki, A., Kamali, G.A., and Shahandeh, H. 2006. Potential impact of climate change on rainfed wheat production in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science* 52: 113-124.
- 46- Olesen, J.E., Trnka, M., Kersebaum, K.C., Skjelvag, A.O., Seguin, B., Peltonen-Sainio, P., Rossi, F., Kozyra, J., and Micale, F. 2011. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *European Journal of Agronomy* 34: 96-112.
- 47- Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought. US Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, DC. No, 45. p. 65.
- 48- Palmer, W.C. 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new crop moisture index, *Weatherwise* 21(4): 156-161.
- 49- Prieto-Gonzalez, R., Cortes-Hernandez, V.E., and Montero-Martinez, M.J. 2011. Variability of the standardized precipitation index over Mexico under the A₂ climate change scenario. *Atmosfera* 24(3): 243-250.
- 50- Prudhomme, C., Wilby, R.L., Crooks, S., Kay, A.L., and Reynard, N.S. 2010. Scenario-neutral approach to climate change impact studies: application to flood risk. *Journal of Hydrology* 390: 198-209.
- 51- Racsco, P., Szeidl, L., and Semenov, M.A. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modeling* 1(57): 27-41.
- 52- Sanaiee Nezhad, H., Ansari, H., Davari, K., and Morid, S. 2003. Monitoring and assessment of severity of drought periods of Mashhad in Different time scales using Standardized Precipitation Index. *Journal of Soil and Water Sciences* 17(2): 201-209.
- 53- Semenov, M.A., and Barrow, E.M. 2002. LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies, Version 3.0, User's Manual.
- 54- Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., and Richardson, C.W. 1998. Comparison of the WGEN and LARSWG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research* 10: 95-107.
- 55- Shahian, R., Jame, A., Arianfar, R., Haghighat, M., and Dehghan, M. 2009. Zoning threshold drought cisis of Fars province by application rainfall criterion index SPI and GIS. *Journal of Water Resources Engineering* 2(4): 33-42. (In Persian)
- 56- Sheffield, J., and Wood, E.F. 2011. Drought: past problems and future scenarios, Earthscan, London, UK and Washington, DC, USA. p. 184.
- 57- Valizadeh, J., Ziaei, S.M., and Mazloumzadeh, S.M. 2013. Assessing climate change impacts on wheat production (a case study). *Journal of the Saudi of Agricultural Sciences* 78: 2-9.
- 58- Vicente-Serrano, S.M., Begueria, S., and Lopez-Moreno, J.I. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate* 23: 1696-1718.
- 59- Wetterhall, F., Bardossy, A., Chen, D., Halldin, S., and XU, C. 2009. Statistical downscaling of daily precipitation over Sweden using GCM output. *Theoretical and Applied Climatology* 96: 95-103.

- 60- Wilby, R.L., and Wigley, T.M.L. 1997. Downscaling general circulation model output: A review of methods and limitations. *Progress in Physical Geography* 21: 530-548.
- 61- Wilhite, D.A., and Glantz, M.H. 1985. Understanding: The drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* 10: 111-120.
- 62- Yan-Jun, L., Xiao-dong, Z., Fun, L., and Jing, M.A. 2012. Analysis of drought Evolvment characteristics based on Standardized Precipitation Index in the Huaihi river basin. *Procedia Engineering* 28: 434-437.
- 63- Zamaniyan, M.T., Behyar, M.B., Karimi Hosseini, A., and Vazifedoust, M. 2012. Agricultural drought monitoring and analysis using remotely sensed data from NOAA-AVHRR. *Journal of Climate Research* 3(9): 102-103.



Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index

R. Deihimfard^{1*}, H. Eyni Nargeseh² and M. Haghighat³

Submitted: 20-05-2015

Accepted: 15-09-2015

Deihimfard, R., Eyni Nargeseh, H., and Haghighat, M. 2016. Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index. *Journal of Agroecology* 7(4): 528-546.

Introduction

Today, Climate change issue is one of the main challenges for scientists and due to the critical role of water in human life, the study of climate change impacts on severity and frequency of drought in each region seems to be indispensable (Hulme et al., 1999). Drought is usually occurred over a period of water shortage owing to less rainfall, high evapotranspiration and pumping a huge amount of water from water tables. This issue could have extensive consequences on agriculture, ecosystems and communities. The objectives of this study were to predict meteorological parameters, calculation of drought index and its zoning under the changing climate in Fars province.

Materials and methods

In order to predict the future climate in nine districts of Fars province (including Shiraz, Eghlid, Fasa, Lar, Lamerd, Darab, Zarghan, Neyriz and Abadeh), two climate models (HadCM₃ and IPCM₄) was applied under three scenarios (B₁, A₁B and A₂). LARS-WG software was applied to downscale climate parameters (Semenov and Barrow, 2002). To predict incident probability of drought in the all study locations, a drought index (Standardize Precipitation Index, SPI) was calculated at a time scale of 12 months. SPI is the most commonly used drought index. SPI is calculated based upon the differences between monthly rainfall and average rainfall for a certain period of time according to the time scale (Mckee et al., 1995). In this study the SPI time series have been estimated for the historical base period 1980-1990 and for three future periods (2011-2030, 2046-2065, 2080-2099). Finally, drought maps and zoning were conducted in the whole province using GIS and based on IDW interpolation method.

Results and discussion

Results of climate models evaluation indicated that LARS-GW well predicted radiation, and maximum and minimum temperatures (RMSE of 0.51, 0.46 and 1.02%, respectively). However, the accuracy in prediction of rainfall was not as good as the other climatic variables (RMSE of 11.48%). This is mainly due to the fact that there is a high variability in rainfall under arid and semi-arid conditions. Other studies also showed that LARS-WG often over- or underestimate rainfall compared with other climatic variables. According to the simulated aridity index in the baseline period, Abadeh and Lar classified into extreme drought class (-2.48 and -2.09) while under future climate change Lamerd categorized in the extreme drought class. The most severe drought occurred in Neyriz (1.33) using HadCM₃ model under A₂ scenario in 2080-2099. While, the lowest drought severity obtained in Lamerd (-2.58) using IPCM₄ model under A₁B scenario in 2046-2065. According to the zoning maps, a vast majority of Fars province had normal climate in the baseline which, are mainly located in southern part of Fars including Neyriz, Darab, Fasa, Lamerd and Eghlid. In contrast, only a limited part of the study locations classified as drought included Abadeh, Zarghan and Lar. Results of t-test also showed that there is no difference between HadCM₃ and IPCM₄ climate models in terms of future climate prediction ($p \geq 0.05$). Results also revealed that for most of study locations, SPI would be in normal class for the all three periods compared

1, 2 and 3- Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, PhD Student in Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran and Instructor, Department of Agricultural Meteorology, Iran Meteorological Organization, Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: deihim@sbu.ac.ir)

with the baseline.

Drought zoning in the baseline in 12 month time scale indicated that the lowest drought was occurred in southern part of Fars while the most severe was observed in both northern areas and some limited part of the south. It was generally concluded that the major part of the Fars province was in normal (the southern half of the province) and moderate class (the northern half of the province) for baseline period according to SPI. However, for projected period, major part of regions would be in normal class. As the Fars province is one of the major producers of cereals in the country, it is estimated the area will benefit from climate change in the future particularly under rainfed conditions.

Conclusion

The results of the current study showed that drought would be intensified under climate change in Fars province and most of the area will benefit from changing climate in the future. However, it is necessary for the authorities to take the results into account, and have applicable water resources management strategies to be able to deal with possible problems in the future decades. Decision makings also should be accomplished with especial considerations to the uncertainties that almost appear in the results.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of the project (No. 600/4330 on March 2015) by Vice President for Research and Technology, Shahid Beheshti University, G.C., Iran.

Keywords: Climate model, Downscaling, Fars, GIS, Interpolation

References

- Hulme, M., Barrow, E.M., Arnell, N.W., Harisson, P.A., Jones, T.C., and Dowing, T.E. 1999. Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability nature 397: 688-691.
- McKee, N.J., Doesken, T.B., and Kleist, J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. Proceedings of the Ninth Conference on Applied Climatology Boston, M.A. American Meteorological Society 233-236.
- Semenov, M.A., and Barrow, E.M. 2002. LARS-WG: A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies, Version 3.0, User's Manual.



بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) به تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی

فیاض آفایاری^{1*}، ابوالفضل فرجی² و علیرضا کرد کتولی³

تاریخ دریافت: 1394/04/06

تاریخ پذیرش: 1394/10/06

آفایاری، ف.، فرجی، ا.، و کرد کتولی، ع.ر. 1394. بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) به تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 547-562.

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه سویا (*Glycine max* L.) در منطقه علی‌آباد کتول واقع در استان گلستان در سال زراعی 91-1390 به صورت پیمایشی انجام گردید. به این منظور در محدوده علی‌آباد کتول، مزارع مختلف سویا مورد شناسایی قرار گرفتند. به طور کلی در این بررسی 30 مزرعه سویا از رقم کتول (D.P.X) و 30 مزرعه سویا از رقم ساری (J.K) انتخاب شدند. در این پیمایش، تاریخ کاشت مزارع که از عوامل مهم مدیریتی تأثیرگذار بر عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشد، ثبت گردید. از هر مزرعه انتخابی برای تعیین صفات مورد نظر (طول دوره‌های مختلف فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد)، پنج قطعه در الگوی زیگزاکی شکل (Σ) انتخاب و در هر قطعه، صفات مورد نظر اندازه‌گیری شده و متوسط آن‌ها برای هر مزرعه ثبت گردید. روابط بین تاریخ کاشت و همچنین دما و ساعات آفتابی (طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه) که متأثر از تاریخ کاشت می‌باشند، با عملکرد، اجزای عملکرد و طول دوره‌های فنولوژیکی (رویشی، زایشی و کل دوره رشد) از طریق آنالیز رگرسیونی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمام صفات مربوط به اجزای عملکرد در هر دو رقم کتول و ساری به غیر از تعداد دانه در مترمربع در رقم ساری تحت تأثیر تأخیر در کاشت قرار گرفته و به طور معنی‌دار کاهش یافت. بین عملکرد دانه و تأخیر در کاشت از ابتدای تیرماه رابطه معنی‌داری وجود داشت و به ترتیب 79 و 53 درصد از تغییرات را در ارقام کتول و ساری توجیه نمود. با توجه به شیب معادله رگرسیونی بین تأخیر در کاشت و عملکرد دانه مشخص شد که به ازای هر روز تأخیر در کاشت از اول تیرماه در ارقام ساری و کتول به ترتیب 37/4 و 50/6 کیلوگرم در هکتار از عملکرد دانه کاسته شد. بین تأخیر در کاشت و طول دوره‌های مختلف رشد (رویشی، زایشی و کل دوره رشد) رابطه منفی و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. همچنین صفات مربوط به اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر میانگین دما و مجموع ساعات آفتابی طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه قرار گرفته و افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: رقم، خلأ عملکرد، فنولوژی، مدل‌های رگرسیونی

مقدمه

پروتئین فراوان دانه آن است که به ترتیب 20 و 40 درصد از وزن دانه را شامل می‌گردد. سویا به دلیل تنوع ژنتیکی و سازگاری وسیع، در دامنه وسیعی از عرض‌های جغرافیایی کشت می‌گردد و در بین دانه‌های روغنی مقام اول تولید را به خود اختصاص داده است (Latifi, 1993). عوامل زیادی از جمله شرایط آب و هوایی، تاریخ کاشت (Board, 1985; Parvez & Gardner, 1987)، جمعیت گیاهی (Parvez et al., 1989)، آرایش کاشت (Ethredge et al., 1989)

گیاه سویا (*Glycine max* L.) یکی از منابع مهم تولید روغن به شمار می‌رود. جایگاه ارزشمند این محصول به دلیل روغن زیاد و

- 1 و 3- به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
- 2- دانشیار پژوهش بخش زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان
- (*)- نویسنده مسئول: (Email: Aghayari_ir@yahoo.com)

زودتر باعث کاهش عملکرد می‌گردد (Chogan, 2008). دما یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر رشد هر نوع گیاه زراعی می‌باشد (Caliskan et al., 2008). فتوپریود در کنار دما عامل اصلی محیطی برای تعیین فنولوژی، سازگاری و عملکرد در گیاهان حساس به فتوپریود می‌باشد (Oliver & Annandale, 1998). با تأخیر در کاشت به دلیل رویارویی گیاه با دماهای بالاتر طی دوره رشد رویشی، سرعت نمو افزایش می‌یابد. کوتاه شدن دوره رشد باعث کاهش جذب تابش طی فصل رشد و در نهایت کاهش مقدار کل ماده خشک تولید شده در مرحله برداشت می‌شود. همچنین در محیطی با طول روز ثابت، دما تأثیر به سزایی بر زمان گل‌دهی دارد و دماهای پایین موجب تأخیر در گل‌دهی می‌شود (Faraji, 2010). کمی کردن اثرات دما و طول روز بر طول دوره‌های نمو گیاه می‌تواند به تعیین بهترین تاریخ کاشت و بهره‌وری بهینه از منابعی نظیر تابش خورشیدی کمک کند. در ارتباط با تأثیر تشعشع بر رشد عملکرد گیاهان زراعی، مطالعات زیادی در سطح دنیا صورت گرفته است. یکی از پیش شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب برای استفاده از تابش به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است (Muchow et al., 1990). بازدهی انرژی نورانی در فتوسنتز، به توزیع نور در داخل جامعه گیاهی بستگی دارد. در شرایط و محیط مناسب زراعی، افزایش تراکم بوته برای بهره‌گیری از امکانات بالقوه و دستیابی به حداکثر عملکرد ضروری است. افزایش تعداد گیاه در واحد سطح بیش از حد تراکم مطلوب، به علت سایه‌اندازی بیشتر موجب کاهش نور قابل استفاده برای هر گیاه خواهد شد و از این‌رو باعث کاهش عملکرد بوته می‌گردد (Boquet, 1990). افزایش تعداد بوته در واحد سطح تا حد مطلوب، کاهش عملکرد تک بوته را جبران و عملکرد در واحد سطح را افزایش می‌دهد. حد متعادل تراکم گیاهی، به تاریخ کاشت نیز بستگی دارد (Board & Settini, 1986). با علم به چگونگی اثر عوامل مؤثر بر عملکرد محصول می‌توان طراحی و مدیریت زراعی را بهینه نمود. عملکرد سویا نتیجه تعامل پیچیده بین شرایط آب و هوایی و مدیریت‌های زراعی است. آگاهی از عوامل مؤثر بر عملکرد سویا می‌تواند ما را در مدیریت هر چه بهتر گیاه یاری نماید. بنابراین با توجه به ضرورت‌های موجود، هدف از این تحقیق بررسی تأثیر تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی بر طول دوره‌های نمو، عملکرد و اجزای عملکرد سویا در منطقه علی‌آباد کتول بود.

(Parker et al., 1981)، عادت رشد (Weaver et al., 1991)، مدیریت عملیات زراعی (Sanford, 1982) و تغذیه (Shiresmaeili, 1995) از طریق تأثیر بر روی گیاه می‌توانند باعث تنوع عملکرد گردند. تاریخ کاشت، عامل مهمی است که بر طول دوره رشد رویشی و زایشی و توازن بین آن‌ها و در نهایت بر عملکرد تأثیر می‌گذارد (Board & Settini, 1986). درجه حرارت و طول روز از عناصر مهم اقلیمی به شمار می‌آیند (Ahrens, 2007). تاریخ کاشت مناسب موجب بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی نظیر درجه حرارت، رطوبت، طول روز و همچنین تطابق زمان گل‌دهی با درجه حرارت مناسب می‌گردد. تحقیقات نشان می‌دهد که گل‌دهی و رسیدگی سویا تحت تأثیر طول روز قرار می‌گیرد (Carlson et al., 1982). روزهای بلند، گل‌دهی را بیشتر به تأخیر انداخته و در مقابل، روزهای کوتاه موجب تسریع بلوغ گیاه می‌گردد (Chogan, 1991). طول روز مناسب برای تمام ارقام سویا یکسان نبوده، در نتیجه اثر تاریخ کاشت بر تعداد روزهای کاشت تا گل‌دهی و رسیدگی در ارقام نیز متفاوت است (Hashemi-Jazi, 2001). کاشت در زمان مناسب باعث کنترل خسارت ناشی از سرماهای دیررس بهار و زودرس پاییزه شده و به دلیل استفاده از عوامل اقلیمی مؤثر در تولید، نظیر تطابق زمان گل‌دهی با درجه حرارت مناسب از اهمیت خاصی برخوردار است (Board & Hall, 1984). با طولانی‌تر شدن فصل رشد زمان انتقال مواد فتوسنتزی به قسمت‌های ذخیره‌ساز گیاه (دانه) بیشتر می‌شود. این قابلیت به طور وراثتی در برخی از ارقام وجود دارد ولی با کشت زود نیز می‌توان تا حدودی طول دوره رشد رویشی را افزایش داد. از طرف دیگر با تأخیر در کاشت طول دوره رویشی کوتاه می‌شود (Pfeiffer & Pilcher, 1987). لذا از این‌رو می‌تواند بر روی عملکرد اثر گذاشته و آن را کاهش دهد. ویلکاکس و فرانکنبرگر (Wilcox & Frankenberger, 1987) گزارش نمودند که ارقام رشد محدود نسبت به ارقام رشد نامحدود دارای حساسیت بیشتری به تاریخ کاشت هستند. نمو سویا دارای دو مرحله مشخص است. اولین مرحله آن رشد رویشی (V) است که از مرحله ظهور تا ابتدای گل‌دهی را شامل می‌شود. دومین مرحله، مرحله زایشی (R) که از شروع گل‌دهی تا بلوغ گیاه را در بر می‌گیرد. دوره رشد وارپته‌های دیررس با تأخیر در کاشت نسبت به وارپته‌های زودرس کوتاه‌تر می‌شود، در صورتی که دوره رشد زایشی تمام وارپته‌ها یکسان کوتاه می‌شود. اگرچه روز کوتاهی موجب القاء گل‌دهی زودتر گیاه می‌شود، به طور قطع در تاریخ کاشت‌های

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت، دما و ساعات آفتابی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در منطقه علی‌آباد کتول واقع در استان گلستان در سال زراعی 91-1390 به صورت پیمایشی انجام گردید. به این منظور در محدوده علی‌آباد کتول، مزارع مختلف سویا مورد شناسایی قرار گرفتند. به طور کلی، در این بررسی 30 مزرعه سویا از رقم کتول (D.P.X) با میانگین مساحت 22000 مترمربع (انحراف معیار 3000 مترمربع) و 30 مزرعه سویا از رقم ساری (J.K) با میانگین مساحت 27000 مترمربع (انحراف معیار 3400 مترمربع) انتخاب شدند. در این پیمایش، تاریخ کاشت مزارع که از عوامل مهم مدیریتی تأثیرگذار بر عملکرد و اجزای عملکرد می‌باشد، ثبت گردید. از هر مزرعه انتخابی برای تعیین صفات مورد نظر (طول دوره‌های مختلف فنولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد)، پنج قطعه در الگوی زیگزاکی شکل (Σ) انتخاب و در هر قطعه صفات مورد نظر اندازه‌گیری شده و متوسط آن‌ها برای هر مزرعه ثبت گردید. شهرستان علی‌آباد کتول با میانگین درازمدت بارندگی سالانه 739/4 میلی‌متر، ارتفاع از سطح دریا 184 متر و میانگین دمای سالانه 17/6 درجه سانتی‌گراد در عرض جغرافیایی 36 درجه و 54 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 54 درجه و 52 دقیقه شرقی قرار دارد. بر اساس گزارش ایستگاه هواشناسی شهرستان علی‌آباد کتول، وضعیت آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال مورد مطالعه در جدول 1 نشان داده شده است.

تیپ رشد ارقام ساری و کتول به ترتیب محدود و نیمه‌محدود و هر دو نسبتاً دیررس می‌باشند. مراحل نمو مهم سویا برای دو رقم مورد نظر به ترتیب شامل تاریخ سبز شدن، شروع گل‌دهی (R_1)، شروع غلاف‌دهی (R_3)، شروع تشکیل دانه (R_5)، شروع رسیدگی فیزیولوژیکی (R_7) و رسیدگی کامل (R_8) با توجه به روش فهر و کاوینس (Fehr & Caviness, 1980) ثبت گردید. برای تعیین تعداد غلاف در بوته، در مرحله رسیدگی محصول از هر قطعه مورد اندازه‌گیری، پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و تمامی غلاف‌های بارور شمارش شدند. سپس میانگین آن‌ها به عنوان تعداد غلاف در بوته برای هر قطعه منظور شد. برای تعیین تعداد دانه در مترمربع، از هر قطعه به طور تصادفی پنج بوته انتخاب شد و تعداد دانه‌های آن‌ها شمارش شده و سپس میانگین آن‌ها به عنوان تعداد دانه در هر بوته

برای هر قطعه منظور شد. به منظور تعیین عملکرد دانه، پس از گذشت حدود پنج تا 10 روز از مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، هنگامی که غلاف‌ها خشک شدند و رطوبت دانه به حدود 12 درصد رسید در هر قطعه انتخابی، مساحت یک مترمربع در نظر گرفته شد و غلاف‌های برداشت شده به صورت دستی کوبیده شده تا تمام دانه‌ها از غلاف‌ها خارج شدند. سپس به وسیله غربال کردن، بقایای گیاهی (پوسته غلاف) باقیمانده از دانه‌های سویا جدا شد و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. روابط بین تاریخ کاشت و همچنین دما و ساعات آفتابی (طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه) که متأثر از تاریخ کاشت می‌باشد، با عملکرد، اجزای عملکرد و طول دوره‌های فنولوژیکی (رویشی، زایشی و کل دوره رشد) از طریق آنالیز رگرسیونی و به کمک نرم‌افزار SAS نسخه 9/3، مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر دما و ساعات آفتابی طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه و دوره پر شدن دانه برای هر مزرعه، با توجه به معلوم بودن تاریخ‌های مرحله نمو مورد نظر، از داده‌های هواشناسی ایستگاه علی‌آباد کتول به دست آمد.

روابط رگرسیونی به دست آمده بین دو عامل مختلف، با توجه به تجزیه واریانس و بر اساس آزمون آماری F از لحاظ معنی‌داری مشخص شدند. در این مطالعه، روابط رگرسیونی بین عوامل و صفات مورد نظر که معنی‌دار شده است، ارائه و مورد توجه قرار گرفت.

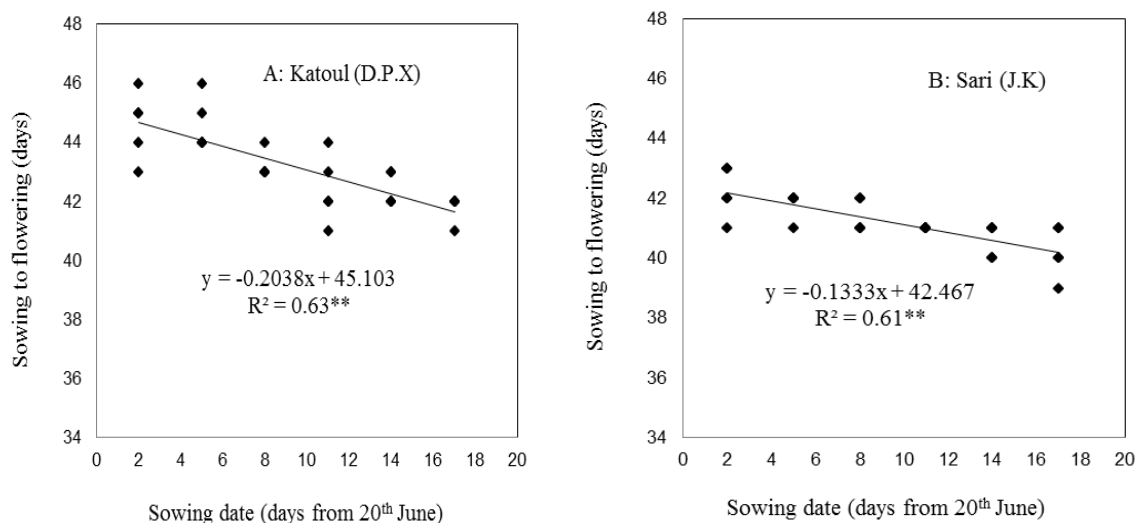
نتایج و بحث

واکنش فنولوژی سویا به تاریخ کاشت

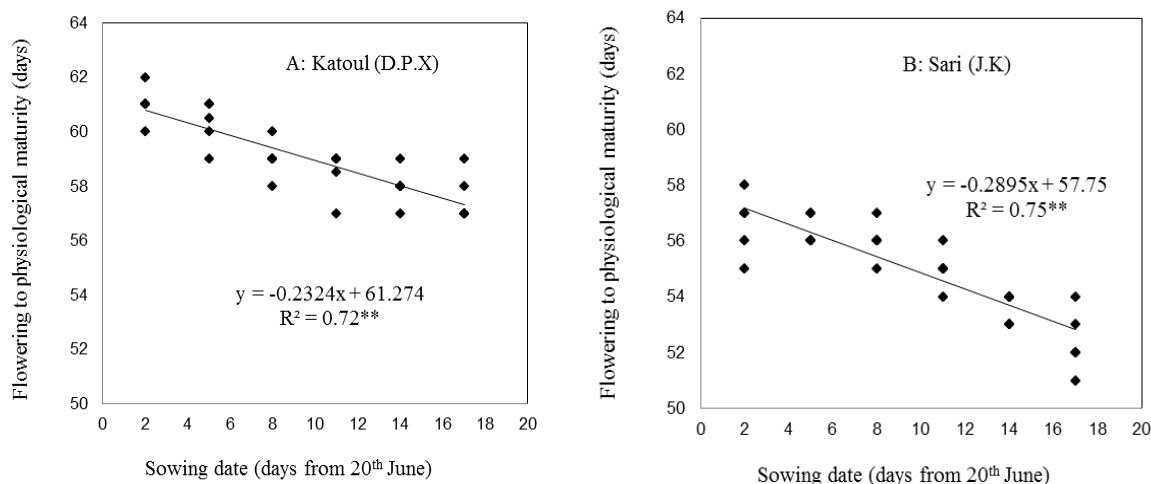
نتایج آنالیز رگرسیونی نشان داد که طول دوره‌های فنولوژی تحت تأثیر تاریخ کاشت می‌باشد (شکل‌های 1 تا 3). بین تأخیر در تاریخ کاشت و طول دوره رشد رویشی (تعداد روز از کاشت تا گل‌دهی) رابطه رگرسیونی خطی منفی و معنی‌داری وجود داشت که به ترتیب در ارقام ساری و کتول 61 و 63 درصد تغییرات را توجیه نمود. شیب کاهش طول دوره رشد رویشی به ازای هر روز تأخیر در کاشت از ابتدای تیر ماه در ارقام کتول و ساری مؤید این مطلب است که به ازای هر روز تأخیر در کاشت از ابتدای تیر ماه در رقم ساری و کتول به ترتیب 0/13 و 0/20 روز از طول دوره رشد رویشی کاسته می‌شود.

جدول ۱- داده‌های هواشناسی سال ۱۳۹۱ و میانگین درازمدت ۱۳۸۴-۹۱ ایستگاه هواشناسی علی آباد کتول
Table 1- Weathering data of Aliabad Katoul station in 2012 year and average of long term 2005-2012 years

ماه Month	میانگین دما (درجه سانتی گراد) Mean temperature (°C)	بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)		مجموع ساعات آفتابی (ساعت) Summation of hours of sunshine		میانگین تبخیر پتانسیل (میلی‌متر) Mean potential evaporation (mm)	
	سال ۱۳۹۱ Year 2012	درازمدت (۱۳۸۴-۹۱) Long term (2005-2012)	سال ۱۳۹۱ Year 2012	درازمدت (۱۳۸۴-۹۱) Long term (2005-2012)	سال ۱۳۹۱ Year 2012	درازمدت (۱۳۸۴-۹۱) Long term (2005-2012)	سال ۱۳۹۱ Year 2012
فروردین 21 March-20 April	15.8	14.0	23.2	54.6	212.2	137.9	80.0
اردیبهشت 21 April-20 May	21.6	18.9	44.5	49.3	231.6	151.3	110.6
خرداد 21 May-20 June	25.8	24.9	144.7	39.9	258.9	236.7	150.6
تیر 21 June-20 July	26.6	27.4	139.6	37.6	188.8	196.8	97.4
مرداد 21 July-20 August	28.9	28.5	0.0	23.6	347.1	259.9	159.3
شهریور 21 August-20 September	25.4	25.4	157.3	72.5	225.4	222.9	117.6
مهر 21 September-20 October	21.6	21.1	90.1	87.9	239.3	191.9	95.5
آبان 21 October-20 November	17.2	15.0	51.3	66.0	164.5	161.1	55.1
آذر 21 November-20 December	11.1	10.4	120.8	67.1	136.2	131.8	45.1
							72.2
							94.7
							172.6
							169.9
							205.8
							155.4
							99.5
							56.4
							36.3



شکل 1- رابطه بین تاریخ کاشت با طول دوره رویشی (روز از کاشت تا شروع گل‌دهی) سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 1- Relationship between sowing date and vegetative growth duration (sowing to flowering) in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



شکل 2- رابطه بین تاریخ کاشت با طول دوره زایشی (روز از گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک) سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 2- Relationship between sowing date and reproductive growth duration (flowering to physiological maturity) in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars

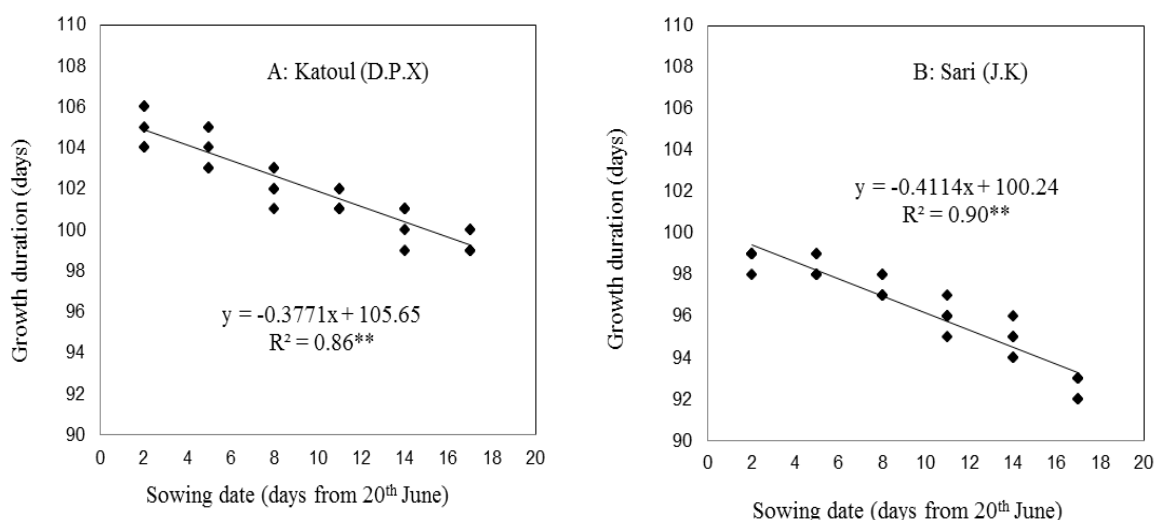
توان بیان نمود که در ارقام ساری و کتول، تأخیر در کاشت باعث می‌شود که گیاه نتواند از تمام پتانسیل خود در طول دوره رشد زایشی استفاده کند که این امر در رقم ساری تأثیر بیشتری داشت. رابطه میان تأخیر در کاشت با کل طول دوره رشد در هر دو رقم ساری و کتول به صورت منفی و معنی‌دار بود و به ترتیب 90 و 86 درصد از

در هر دو رقم مورد مطالعه رابطه رگرسیونی میان تأخیر در کاشت با طول دوره رشد زایشی (تعداد روز از گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک) منفی و معنی‌دار بود. تعداد روز از گل‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با تأخیر در کاشت در رقم ساری نسبت به رقم کتول از حساسیت بالاتری برخوردار بود. با توجه به ضرایب به دست آمده می-

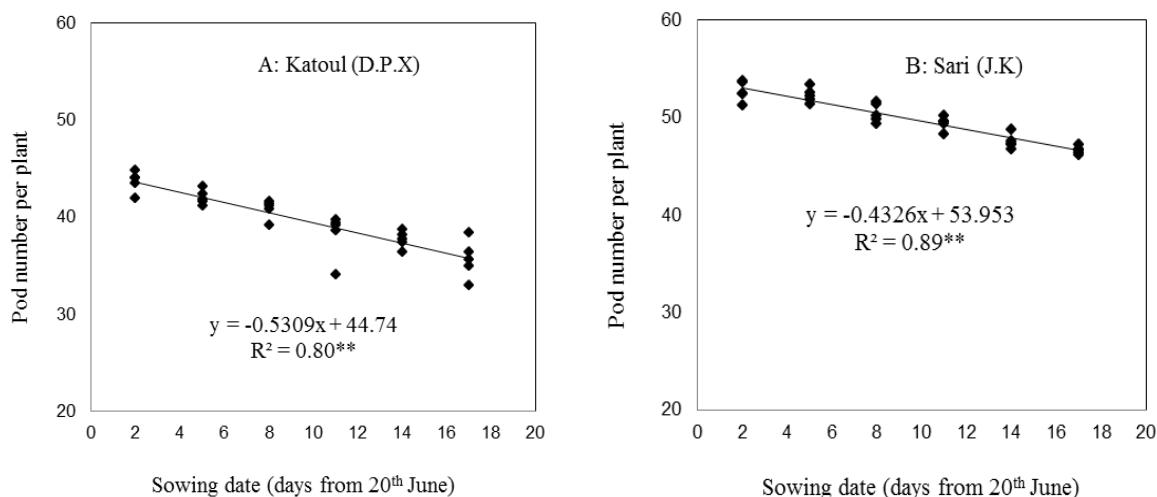
شکل‌های 4 تا 7 نشان داده شده است. در ارقام مورد مطالعه میان تأخیر در کاشت و تعداد غلاف در بوته، رابطه رگرسیونی منفی و معنی‌داری به صورت خطی وجود داشت که در رقم کتول 80 درصد و در رقم ساری 89 درصد تغییرات را توجیه نمود.

تغییرات را توجیه نمود. این رابطه خطی نشان‌دهنده تأثیر منفی تأخیر در کاشت بر طول دوره رشد بود.

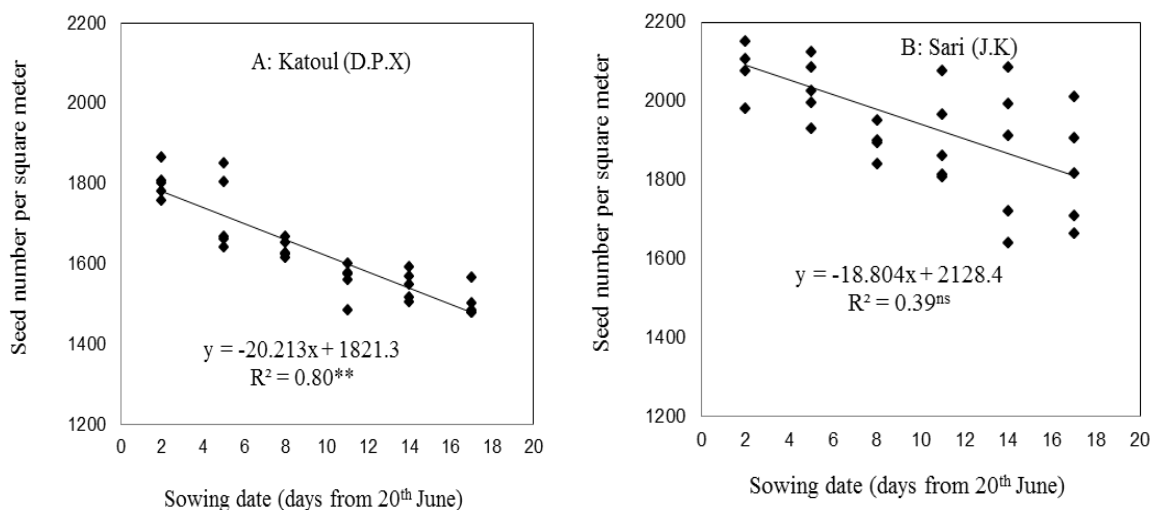
واکنش عملکرد و اجزای عملکرد سویا به تاریخ کاشت
روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد سویا با تأخیر در کاشت در



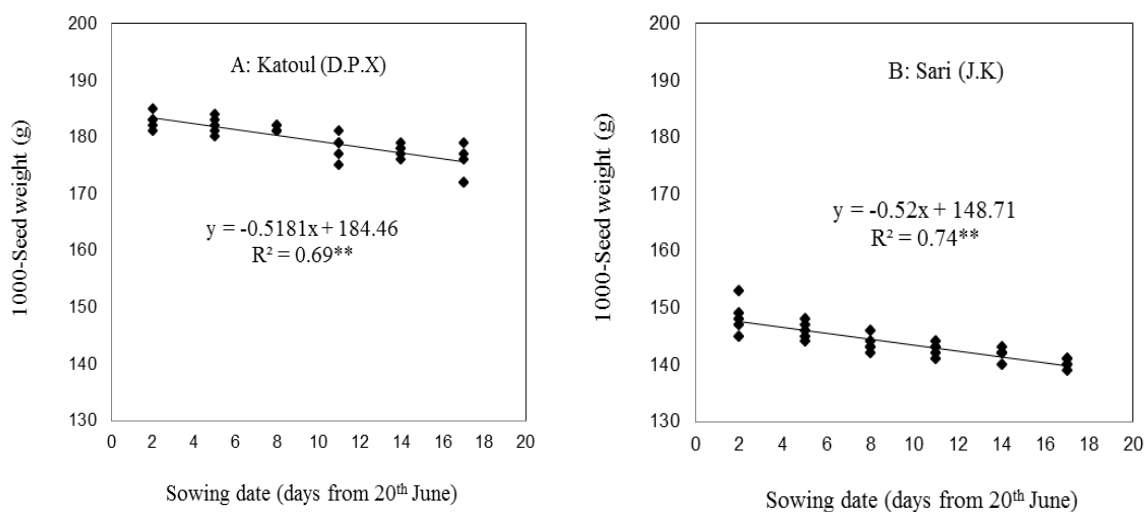
شکل 3- رابطه بین تاریخ کاشت با طول دوره رشد سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 3- Relationship between sowing date and total growth duration in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



شکل 4- رابطه بین تاریخ کاشت با تعداد غلاف در بوته سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 4- Relationship between sowing date and soybean pod number per plant in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



شکل 5- رابطه بین تاریخ کاشت با تعداد دانه در مترمربع سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 5- Relationship between sowing date and soybean seed number per square meter in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars

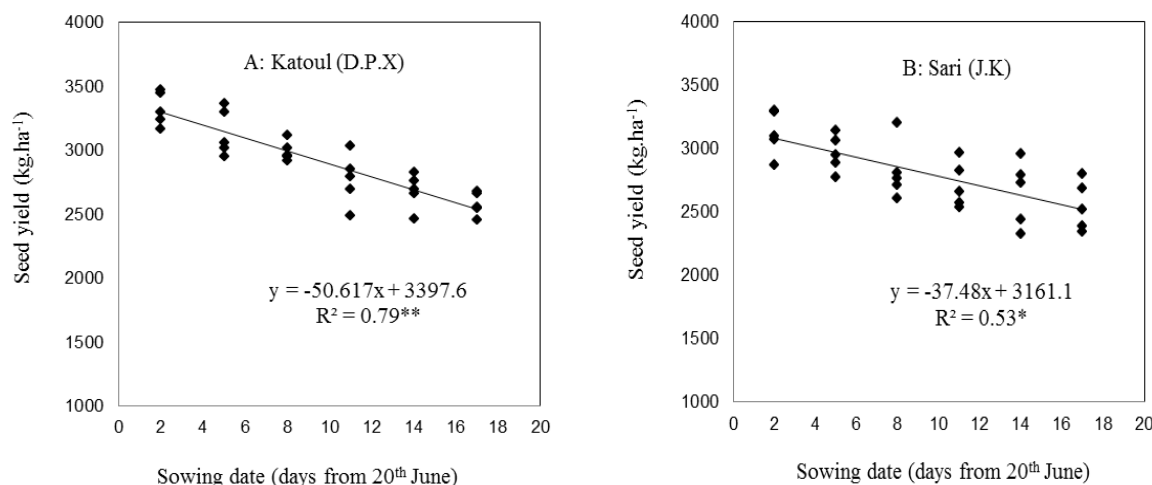


شکل 6- رابطه بین تاریخ کاشت با وزن هزار دانه سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 6- Relationship between sowing date and soybean 1000- seed weight in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars

با توجه به شیب معادله رگرسیون به ازای هر روز تأخیر در کاشت از تاریخ مذکور در رقم کتول تعداد دانه در هر مترمربع 20/213 عدد کاهش یافت. در هر دو رقم مورد مطالعه تأخیر در کاشت سبب کاهش وزن هزار دانه شد. این رابطه رگرسیونی به صورت خطی و منفی بود و به ترتیب 74 و 69 درصد از تغییرات را در ارقام ساری و

این رابطه رگرسیونی منفی، نشان‌دهنده تأثیر منفی تأخیر در کاشت بر روی صفت تعداد غلاف در بوته در ارقام مورد مطالعه بود. در رقم کتول تأخیر در کاشت از ابتدای تیر ماه سبب کاهش معنی‌داری در تعداد دانه در مترمربع شد، در حالی‌که این رابطه در رقم ساری غیرمعنی‌دار و منفی بود.

کتول توجیه نمود.



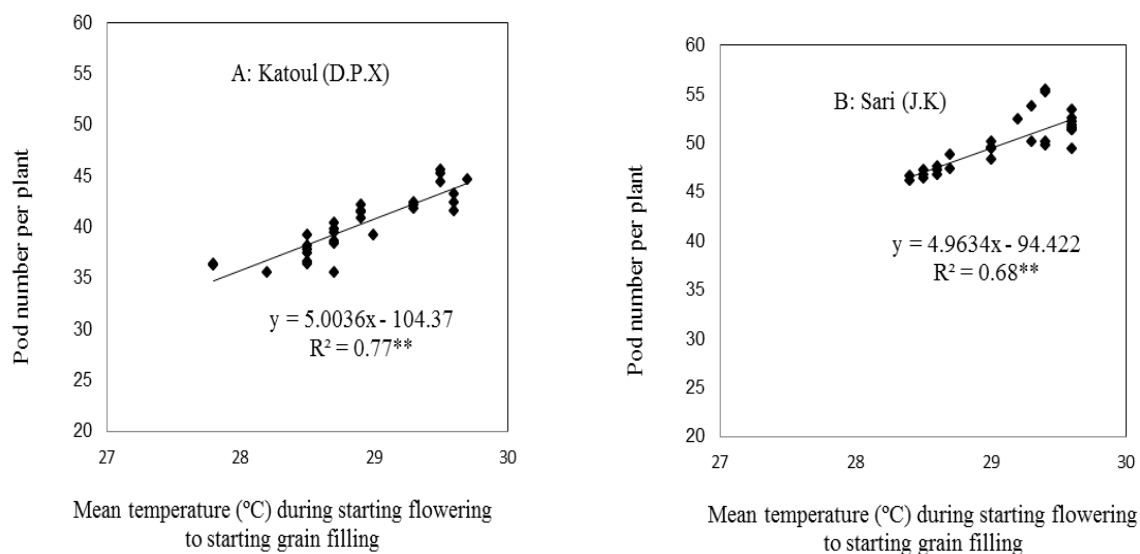
شکل 7- رابطه بین تاریخ کاشت با عملکرد دانه سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 7- Relationship between sowing date and soybean seed yield in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars

اختصاص داد.

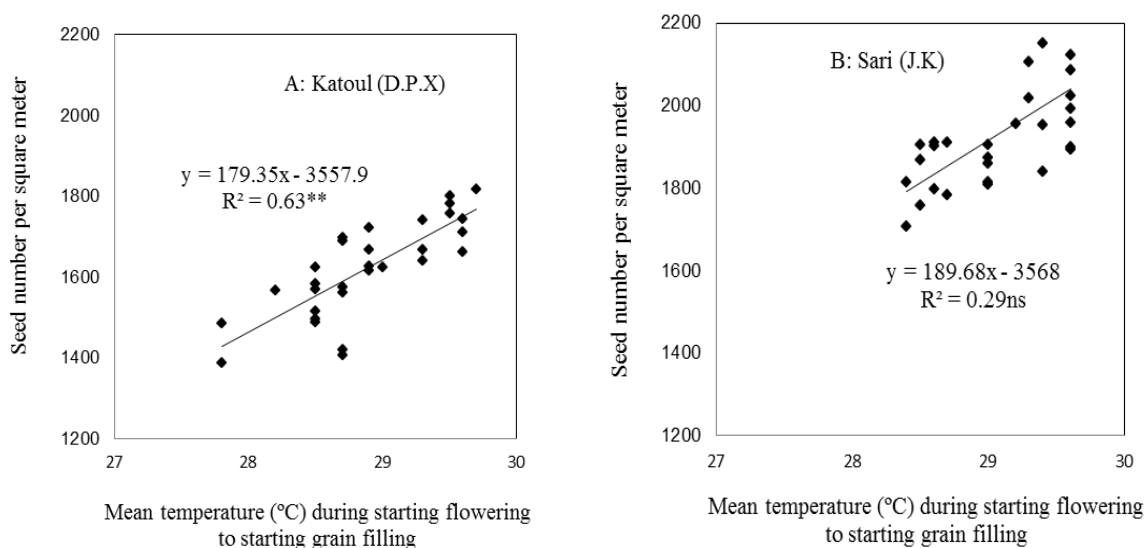
واکنش اجزای عملکرد سویا به دما

روابط بین میانگین دما طی دوره‌های مختلف فنولوژی با اجزای عملکرد سویا در شکل‌های 8 تا 10 ارائه شده است. بررسی روابط رگرسیونی نشان داد که در هر دو رقم مورد مطالعه بین میانگین دمای هوا طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد غلاف در بوته رابطه خطی معنی‌داری وجود داشت که 77 و 68 درصد از تغییرات را به ترتیب در رقم کتول و رقم ساری توجیه کرد. همچنین رابطه رگرسیونی مثبت و معنی‌داری بین میانگین دمای هوا طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه و تعداد دانه در مترمربع در رقم کتول وجود داشت و 63 درصد از تغییرات را توجیه کرد، در حالی که این رابطه در رقم ساری به صورت غیرمعنی‌دار بود. شیب افزایش تعداد دانه در مترمربع به ازای افزایش هر درجه سانتی-گراد میانگین دمای هوا در طی دوره مذکور در رقم کتول برابر 179/35 عدد بود. رابطه رگرسیونی بین میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه با وزن هزار دانه در هر دو رقم مورد مطالعه، معنی‌دار بود که در رقم کتول به صورت درجه دو و در رقم ساری به صورت خطی و مثبت حاصل شد. به طور کلی، میانگین وزن هزار دانه در رقم کتول نسبت به میانگین این صفت در رقم ساری بیشتر بود.

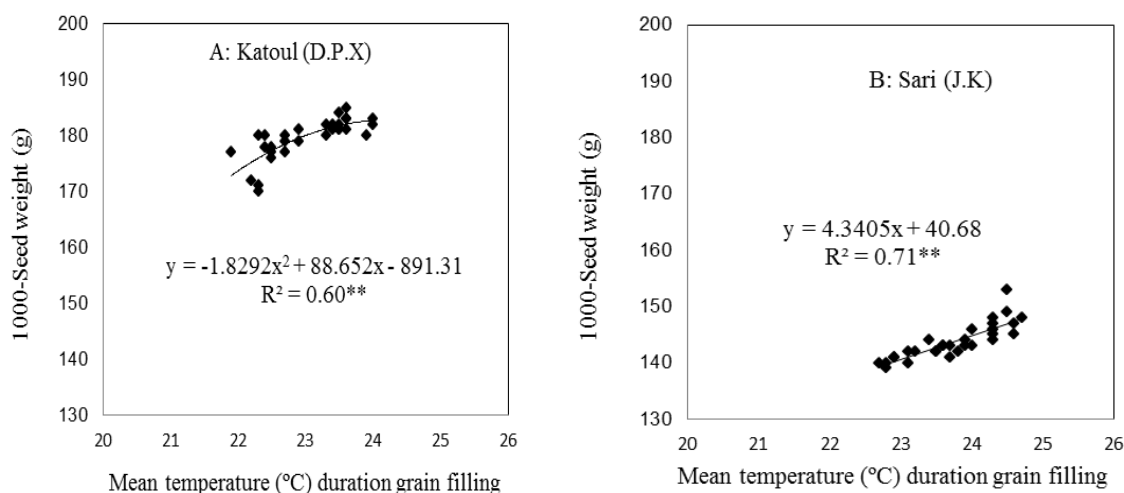
در هر دو رقم مورد مطالعه تأخیر در کاشت از ابتدای تیرماه سبب کاهش عملکرد دانه شد. این رابطه خطی منفی معنی‌دار به ترتیب 79 و 53 درصد از تغییرات را در ارقام کتول و ساری توجیه نمود. شیب روابط رگرسیونی مؤید این مطلب است که به ازای هر روز تأخیر در کاشت از اول تیر ماه در ارقام ساری و کتول به ترتیب 37/4 و 50/6 کیلوگرم در هکتار از عملکرد دانه کاسته شد. همچنین نتایج این مطالعه مؤید این مطلب بود که تاریخ کاشت در مزارع مورد بررسی یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد در ارقام مورد مطالعه سویا بود. در این مطالعه با تأخیر در کاشت، عملکرد دانه کاهش یافت. در بررسی واکنش صفات رویشی و زایشی 14 ژنوتیپ سویا از گروه رسیدگی سه در شمال ایالات متحده آمریکا با تأخیر در کاشت از اوایل ماه می تا ماه جولای کاهش خطی عملکرد دانه معادل 17 کیلوگرم در هکتار در روز در سال 2003 و 43 کیلوگرم در هکتار در روز در سال 2004 میلادی مشاهده شد (Bastidas et al., 2008). صلاحی و همکاران (Salahi et al., 2006) در بررسی چهار تاریخ کاشت 15 اردیبهشت، 30 اردیبهشت، 15 خرداد و 30 خرداد بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا رقم ویلیامز در منطقه گرگان گزارش کردند که تاریخ کاشت 15 خرداد از نظر صفاتی مثل تعداد غلاف در ساقه اصلی، تعداد غلاف در ساقه فرعی، تعداد غلاف در کل بوته، تعداد غلاف دو دانه‌ای و سه دانه‌ای و عملکرد دانه بالاترین مقادیر را به خود



شکل 8- رابطه بین میانگین دما از شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد غلاف در بوته سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 8- Relationship between mean temperature during starting flowering to starting grain filling and soybean pod number per plant in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



شکل 9- رابطه بین میانگین دما از شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد دانه در مترمربع سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 9- Relationship between mean temperature during starting flowering to starting grain filling and soybean seed number per square meter in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



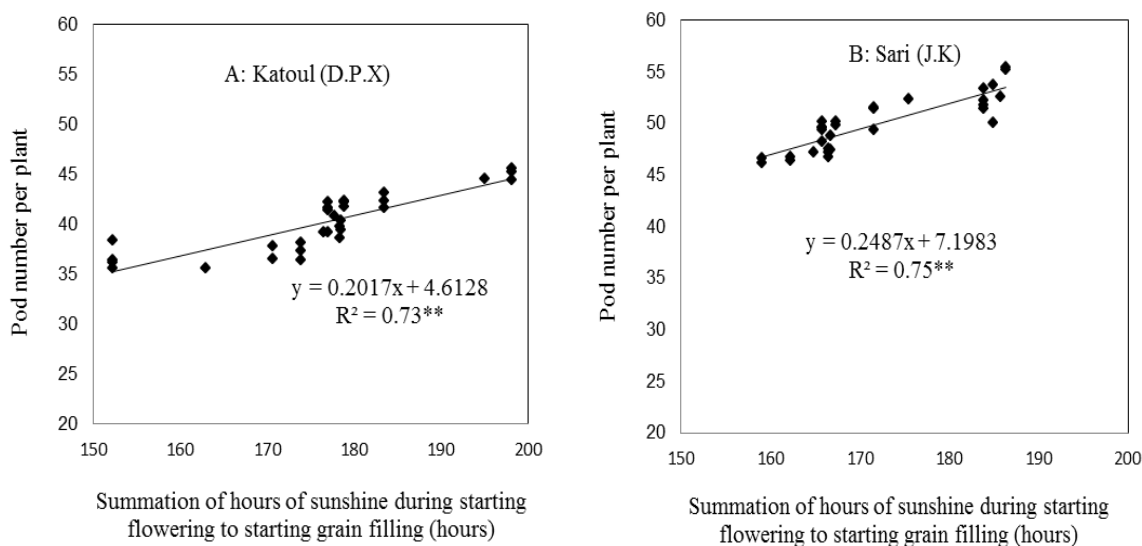
شکل 10- رابطه بین میانگین دما طی دوره پر شدن دانه با وزن هزار دانه سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
 Fig. 10- Relationship between mean temperature during grain filling and soybean 1000- seed weight in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars

واکنش اجزای عملکرد سویا به ساعات آفتابی

روابط بین ساعات آفتابی و اجزای عملکرد سویا در شکل‌های 11 تا 13 ارائه شده است.

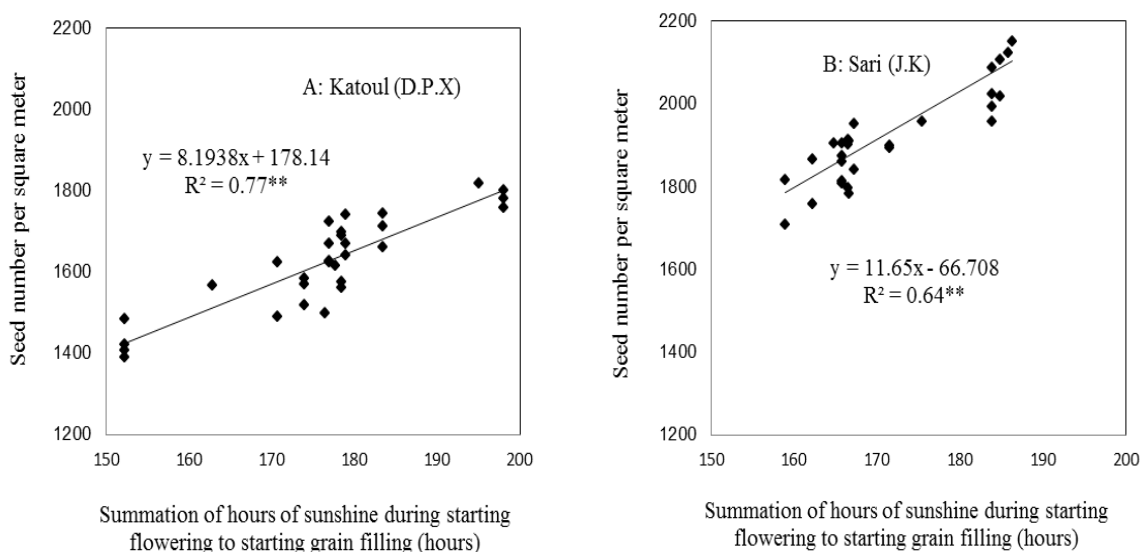
در هر دو رقم مورد مطالعه رابطه رگرسیونی مثبت و معنی‌داری میان مجموع ساعات آفتابی طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع شدن دانه و تعداد غلاف در بوته وجود داشت که به ترتیب 73 و 75 درصد از تغییرات را در رقم کتول و ساری توجیه نمود. با توجه به شیب خط رگرسیون، رقم ساری نسبت به رقم کتول در ارتباط با تعداد غلاف در بوته نسبت به مجموع ساعات آفتابی طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه دارای حساسیت بیشتری در مقایسه با رقم کتول بود. بررسی روابط رگرسیونی نشان داد که بین مجموع ساعات آفتابی طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه و تعداد دانه در مترمربع در هر دو رقم رابطه خطی معنی‌داری وجود داشت که 77 و 64 درصد از تغییرات را به ترتیب در رقم کتول و ساری توجیه کرد. به ازای هر ساعت افزایش مجموع ساعات آفتابی طی دوره شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه، تعداد دانه در مترمربع در رقم ساری و کتول به ترتیب 11/65 و 8/1938 عدد افزایش یافت.

نتایج نشان داد که واکنش اجزای عملکرد سویا به میانگین دمای هوا طی دوره گل‌دهی و پر شدن دانه در هر دو رقم مورد مطالعه به غیر از صفت تعداد دانه در مترمربع در رقم ساری، به صورت مثبت و معنی‌دار بود. افزایش دما تا حد مطلوب برای گیاه باعث افزایش سطح برگ در بوته‌ها شده و تعداد مراکز تولید بیشتری در هر تک بوته به وجود آمده که می‌تواند با انتقال مواد فتوسنتزی به مقاصد در افزایش تولید مؤثر واقع شود. از طرف دیگر، با افزایش درجه حرارت بالاتر از درجه حرارت مطلوب در گیاهان C_3 مانند سویا (20 تا 25 درجه سانتی‌گراد) میل ترکیبی آنزیم روبیسکو با اکسیژن در مقایسه با دی-اکسیدکربن افزایش یافته و سبب افزایش تنفس نوری و کاهش تولید فتوسنتز خالص و در نتیجه کاهش عملکرد در این گیاهان می‌شود. با افزایش دما تنفس تاریکی هم زیاد شده و نهایتاً تولید و عملکرد گیاهان زراعی همچون سویا را کاهش خواهد داد (Pedersen & Lauer, 2004). در مرحله پر شدن دانه اگر دمای روزانه بین 32 تا 35 درجه سانتی‌گراد باشد، در هر بوته تعداد دانه کمتری تشکیل می‌شود. تحقیقی نشان داد که دمای روزانه بیش از 29 درجه سانتی-گراد در زمان پر شدن دانه، می‌تواند وزن هزار دانه سویا را کاهش دهد (Gibson & Mullen, 1996).



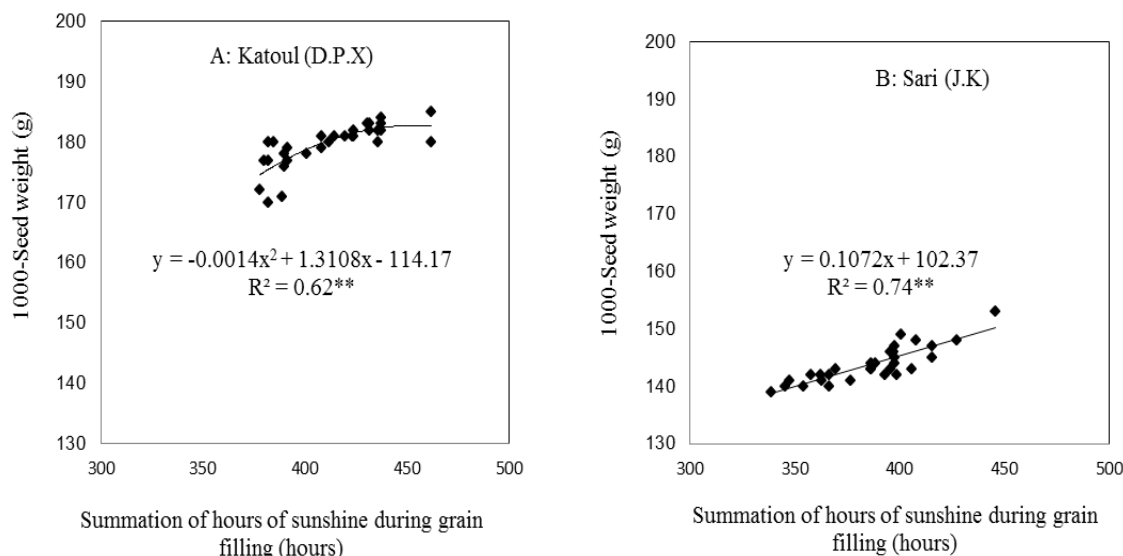
شکل 11- رابطه بین مجموع ساعات آفتابی از شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد غلاف در بوته سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)

Fig. 11- Relationship between summation of hours of sunshine during starting flowering to starting grain filling and soybean pod number per plant in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



شکل 12- رابطه بین مجموع ساعات آفتابی از شروع گل‌دهی تا شروع پر شدن دانه با تعداد دانه در مترمربع سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)

Fig. 12- Relationship between summation of hours of sunshine during starting flowering to starting grain filling and soybean seed number per square meter in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars



شکل 13- رابطه بین مجموع ساعات آفتابی طی دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه سویا در ارقام کتول (شکل A) و ساری (شکل B)
Fig. 13- Relationship between summation of hours of sunshine during grain filling and soybean 1000- seed weight in Katoul (Fig. A) and Sari (Fig. B) cultivars

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه مؤید این مطلب بود که مناسب نبودن تاریخ کاشت در منطقه مورد مطالعه یکی از عوامل اصلی کاهش عملکرد سویا می‌باشد. در این مطالعه با تأخیر در کاشت عملکرد دانه کاهش یافت. تمام صفات مربوط به اجزای عملکرد در هر دو رقم کتول و ساری به غیر از تعداد دانه در مترمربع در رقم ساری تحت تأثیر تأخیر در کاشت قرار گرفت و کاهش یافت. همچنین دوره‌های مختلف رشد (رویشی، زایشی و کل طول دوره رشد) تحت تأثیر تأخیر در کاشت قرار گرفت و به طور معنی‌دار کاهش یافت. بین میانگین دما طی دوره گل‌دهی و پر شدن دانه با اجزای عملکرد سویا به غیر از صفت تعداد دانه در مترمربع در رقم ساری، رابطه مثبت و معنی‌داری وجود داشت. همچنین تمامی صفات اجزای عملکرد در هر دو رقم به طور معنی‌دار تحت تأثیر مجموع ساعات آفتابی طی دوره گل‌دهی و پر شدن دانه قرار گرفته و افزایش یافت. بنابراین مدیریت تاریخ کاشت یا به عبارتی تعیین شرایطی از دما و ساعات آفتابی که گیاه در طی فصل رشد با آن مواجه می‌شود، می‌تواند به واسطه تأثیر بر انطباق‌پذیری مراحل مهم نمو گیاه با مناسب‌ترین میانگین‌های متغیرهای پیش‌برنده (دما و ساعات آفتابی) بر افزایش میزان عملکرد تأثیر بگذارد. توصیه می‌گردد این تحقیق به صورت چندساله و در مناطق دیگر استان نیز اجرا شود

همچنین در هر دو رقم میان مجموع ساعات آفتابی طی دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه رابطه معنی‌داری وجود داشت و 74 و 62 درصد از تغییرات را به ترتیب در رقم ساری و کتول توجیه کرد. روند افزایش وزن هزار دانه به ازای افزایش مجموع ساعات آفتابی طی دوره پر شدن دانه در دو رقم مورد بررسی متفاوت بود. در رقم کتول بیشترین وزن هزار دانه در حدود 180 تا 190 گرم که در برابر مجموع ساعات آفتابی حدود 450 ساعت در طی دوره پر شدن دانه حاصل شد، در حالی که این عدد در رقم ساری برابر با حدود 150 گرم در برابر مجموع ساعات آفتابی حدود 450 ساعت در طی دوره پر شدن دانه حاصل شد. در این مطالعه مشاهده می‌شود که میان مجموع ساعات آفتابی طی دوره‌های گل‌دهی و پر شدن دانه با اجزای عملکرد سویا رابطه معنی‌داری وجود داشت. شرایط محیطی در مرحله زایشی به خصوص شدت و کیفیت نور دریافت شده توسط کانوپی، عوامل مهم تعیین‌کننده عملکرد و اجزای عملکرد سویا می‌باشند (Myers et al., 1987; Board & Harville, 1996). از نظر تئوریک، در شرایط مزرعه هر چه تعداد ساعات آفتابی بیشتر باشد، شرایط برای سبز کردن تعداد بوته بیشتر در زمین فراهم کرده و اجزای عملکرد نیز به تبع آن افزایش می‌یابد (Liu et al., 2010).

سپاسگزاری

تا به این وسیله بتوان توصیه‌های کاربردی و معتبرتری را جهت افزایش عملکرد محصول به کشاورزان ارائه داد.

این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج انجام شده است، بدین وسیله از آن واحد دانشگاهی و تمامی همکاری‌هایی که در انجام این تحقیق همکاری داشتند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- 1- Ahrens, C.D. 2007. Meteorology Today. 8th Edition, Thomson Brooks.
- 2- Bastidas, A.M., Setiyono, T.D., Dobermann, A., Cassman, K.G., Elmore, R.W., Greaf, G.L., and Specht, J.E. 2008. Soybean sowing date: The vegetative, reproductive and agronomic impacts. Crop Science 48: 727-740.
- 3- Board, J.E. 1985. Yield components associated with soybean yield reduction at non optimal planting dates. Agronomy Journal 77: 135-140.
- 4- Board, J.E., and Hall, W. 1984. Premature flowering in soybean yield reduction at non optimal planting dates as influence by temperature and photoperiod. Agronomy Journal 76: 700-704.
- 5- Board, J.E., and Harville, B.G. 1996. Growth dynamics during the vegetative period affects yield of narrow-row, late-planted soybean. Agronomy Journal 88: 567-572.
- 6- Board, J.E., and Settimi, J.R. 1986. Photoperiod effect before and after flowering on branch development indeterminate soybeans. Agronomy Journal 78: 95-2002.
- 7- Boquet, D.J. 1990. Plant population density and row spacing effects on soybean at post optimal planting date. Agronomy Journal 82: 59-64.
- 8- Caliskan, S., Arslan, M.E., and Arioglu, H. 2008. Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. Field Crop Research 105: 131-140.
- 9- Carlson, R.E., Karimi, M., and Shaw, R.H. 1982. Comparison of the nodal distribution of yield Components of indeterminate soybean under irrigation and rain-fed conditions. Agronomy Journal 74: 529-535.
- 10- Chogan, R. 1991. The effect of panting date on soybean yield. Seed and Plant Production Journal 2: 27-39. (In Persian)
- 11- Chogan, R. 2008. The effect of planting date on stage of growth, yield and yield components of soybean. Oilseed Plants Conference, Tehran, Iran. (In Persian)
- 12- Ethredge, G.R.W.J., Ashley, D.A., and Woodruff, J.M. 1989. Row spacing and plant population effects on yield components of soybean. Agronomy Journal 81: 947- 951.
- 13- Faraji, A. 2010. Determination of phonological response of spring canola (*Brassica napus* L.) genotypes to swing date, temperature and photoperiod. Seed and Plant Production Journal 26: 25-41. (In Persian)
- 14- Fehr, W.R., and Caviness, C.E. 1980. Stages of soybean development. Agriculture and Home Economics Experimental Station and Cooper active Extension Service Iowa State University and Arkansas Agricultural Experimental Stationary Speculation.
- 15- Gibson, L.R., and Mullen, R.E. 1996. Influence of day and night temperature on soybean seed yield. Crop Science 36: 98-104.
- 16- Hashemi-Jazi, M. 2001. The effect of planting date on stages of growth and some agronomic and physiological characteristics in five cultivars of soybean in the second crop. Iranian Journal of Crop Science 3(4): 3-8. (In Persian)
- 17- Latifi, N. 1993. Soybean Farming (Translate), Jihad University Mashhad Publishing, Mashhad, Iran p. 282. (In Persian)
- 18- Liu, B., Liu, X.B., Wang, C., Li, Y.S., Jin, J., and Herbert, S.J. 2010. Soybean yield and yield component distribution across the main axis in response to light enrichment and shading under different densities. Plant Soil Environment 8: 384-392.
- 19- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., and Renneft, I.M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. Agronomy Journal 82: 238-343.
- 20- Myers, R.L., Brun, W.A., and Brenner, M.L. 1987. Effect of raceme-localized supplemental light on soybean

- reproductive abscission. Crop Science 27: 273-277.
- 21- Oliver, F.C., and Annandale, J.G. 1998. Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum sativum* L.). Field Crops Research 56: 301-307.
- 22- Parker, M.B., Machant, W.H., and Mullinix, B.J. 1981. Date of planting and row spacing effects on four soybean cultivars. Agronomy Journal 73: 759- 672.
- 23- Parvez, M.A.Q., and Gardner, F.P. 1987. Day length and sowing date responses of soybean lines with "Juvenile" trait. Crop Science 27: 305-310.
- 24- Parvez, A.Q., Gardner, F.P., and Boote, K.J. 1989. Determinate and indeterminate- type soybean cultivars response to pattern, density and planting date. Crop Science 29: 150-157.
- 25- Pedersen, P., and Lauer, J.G. 2004. Response of soybean yield components to management system and planting date. Agronomy Journal 96: 1372-1381.
- 26- Pfeiffer, T.W., and Pilcher, D. 1987. Effect of early and late flowering on agronomic traits of soybean at different planting dates. Crop Science 27: 108-112.
- 27- Salahi, F., Latifi, N., and Amjadian, M. 2006. The effect of planting date on the yield and yield components of soybean (*Glysin max* L. cv. Williams) in Gorgan region, Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13: 17-29. (In Persian with English Summary)
- 28- Sanford, J.O. 1982. Straw and tillage management practices in soybean- wheat double-cropping. Agronomy Journal 74: 1032-1035.
- 29- SAS Institute. 1996. SAS/STAT user's guide, Version 6, 4th editions, SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- 30- Shiresmaeili, A., 1995. Effects of nitrogen fertilizer and bacteria on yield, oil content and protein of soybean. M.S Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)
- 31- Weaver, D.B., Akridge, R.L., and Thomas, C.A. 1991. Growth habit, planting date and row spacing effects on late Planted soybeans. Crop Science 31: 805-810.
- 32- Wilcox, J.R. 1974. Response of three soybean strains to equidistant spacing. Agronomy Journal 66: 409-412.
- 33- Wilcox, J.R., and Frankenberger, E.M. 1987. Indeterminate and determinate soybeans response to planting date. Agronomy Journal 79: 1074-1078.



Determination of yield and yield components response of soybean (*Glycine max* L.) to sowing date, temperature and sunshine hours

F. Aghayari^{1*}, A. Faraji² and A. Kordkatooli³

Submitted: 27-06-2015

Accepted: 27-12-2015

Aghayari, F., Faraji, A., and Kordkatooli, A. 2016. Determination of yield and yield components response of soybean (*Glycine max* L.) to sowing date, temperature and sunshine hours. Journal of Agroecology 7(4): 547-562.

Introduction

Soybean (*Glycine max* L.) is one of the major sources to produce oil. Suitable sowing date makes optimum use of climate factors such as temperature, moisture and during the day. Soybean is not easily adaptable with soil and climate change, because its flowering and rippling depends on duration of daylight. Long days delays flowering process and short days causes acceleration of plant maturity. Temperature is one of the most important effective factors on the growth of any kind of plant (Caliskan et al., 2008). Related to the radiation effect on the plant growth, excessive studies have been done in the world. One of the necessary pre-conditions to get upper yield is making necessary conditions for optimal use of radiation (Muchow et al., 1990). Awareness of the effective factors on the yield of soybean can help us to get better management of the plant. Therefore, the goal of this research was to study the effect of sowing date, temperature and sunshine hours on the length of growth period, yield and yield components of soybean.

Materials and methods

This research was performed to study the effect of sowing date, temperature, and sunshine hours on yield and yield components of soybean in the area of Aliabad-Katoul in Golestan province, during 2011-2012 cropping year. In this order, different soybean fields with different sowing date had been remarked in vast area of soybean fields of Aliabad-Katoul area. In this study 30 soybean fields with Katoul (D.P.X) cultivar and 30 soybean fields with Sari (J.K) cultivar were chosen. To assess the study traits (the length of different phenological periods, yield, and yield components) into each of field, 5 plots in zigzag pattern (Σ) had been chosen and in each plot, the study traits had been measured and the average of them was recorded for each field. The important soybean growth stages, including the start of flowering (R_1), the start of pods of the plants (R_3), the start of seed formation (R_5), the start of physiological rippling (R_7) and complete rippling (R_8) was recorded (Fehr & Caviness, 1980).

Results and discussion

In this study, phenological developments during growing period were influenced by the sowing date. There was a negative linear correlation between delaying of sowing date and growth duration as the 86% and 90% of the variation in the Katoul and Sari cultivars justified, respectively. Delaying of sowing date of both cultivars, reduced the yield. This negative significant linear relation explained 79% and 53% of changes in Katoul and Sari cultivars, respectively. The slope of the regression equation indicated that delaying of sowing date (days from 20th June) reduced seed yield in Katoul and Sari cultivars equal to 50.6 kg.ha⁻¹ and 37.4 kg.ha⁻¹ per day, respectively. The result showed that response of soybean yield components to the average of temperature during flowering and grain filling in both cultivars was positive and significant, except for seed number per square meter in Sari cultivar. Between mean temperature during starting flowering to starting grain filling and soybean pod number per plant was a positive linear correlation as the 77 and 68% of the variation in the Katoul and Sari cultivars justified, respectively. In addition, in this research it was observed that there was a significant relation between the total sunshine hours during flowering and grain filling and the components of soybean yield.

Conclusion

1 and 3- Assistant Professor and MSc Student, Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, respectively.

2- Associated Professor, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, Iran.

(*- Corresponding author Email: Aghayari_ir@yahoo.com)

The results of this study showed that sowing date had significant effect on plant traits such as seed yield. The majority of the study traits decreased due to delay of sowing date. Thus, in the study area sowing date is one of the most important effective factors on the growth and yield of soybean.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the financial support of Islamic Azad University, Karaj Branch.

Keywords: Cultivar, Phenology, Regression models, Yield gap

References

- Caliskan, S., Arslan, M.E., and Arioglu, H. 2008. Effects of sowing date and growth duration on growth and yield of groundnut in a Mediterranean-type environment in Turkey. *Field Crop Research* 105: 131-140.
- Fehr, W.R., and Caviness, C.E. 1980. Stages of soybean development. Agriculture and Home Economics Experimental Station and Cooper active Extension Service Iowa State University and Arkansas Agricultural Experimental Stationary Speculation.
- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., and Rennetl, I.M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy Journal* 82: 238-343.



اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاد

پرویز رضوانی مقدم^{1*}، محمد بهزاد امیری² و حمید رضا احیایی³

تاریخ دریافت: 1390/11/05

تاریخ پذیرش: 1391/08/10

رضوانی مقدم، پ، امیری، م، ب، و احیایی، ح. ر. 1394. اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی بر برخی ویژگی‌های کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) در یک نظام زراعی کم‌نهاد. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 7(4): 563-577.

چکیده

در سال‌های اخیر، با افزایش دانش بشری توجه به سلامت فرآورده‌های غذایی و به ویژه محصولات دارویی افزایش یافته است، از این رو، استفاده از نهاده‌های اکولوژیک برای تولید این محصولات بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. به منظور بررسی اثر کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) آزمایشی در مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 89-1388 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل میکوریزا (*Glomus mosseae*)، میکوریزا به علاوه کمپوست، میکوریزا به علاوه ورمی کمپوست، میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی، کمپوست، ورمی کمپوست، گرانوله گوگردی و شاهد (بدون کود) بودند. نتایج نشان داد که اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود، به طوری که میکوریزا چه به تنهایی و چه در ترکیب با کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. عملکرد بیولوژیک، در اثر تیمارهای ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی همراه با میکوریزا نسبت به زمانی که این کودها به تنهایی به کار رفتند به طور معنی‌داری افزایش یافت. استفاده از کودهای آلی همراه با میکوریزا باعث افزایش درصد روغن کنجد شد، به طوری که در کاربرد همزمان میکوریزا و هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی روغن دانه به ترتیب 12، 13 و 10 درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا افزایش یافت. به طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که استفاده همزمان از نهاده‌های بوم‌سازگار می‌تواند خصوصیات کمی و کیفی کنجد را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: سلامت غذا، محصولات دارویی، نهاده‌های اکولوژیک، *Glomus mosseae*

مقدمه

گیاه، جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آن را کاهش دهند ضروری به نظر می‌رسد (Kizilkaya, 2008). از جمله این نهاده‌های سازگار با محیط زیست می‌توان به کودهای آلی اشاره کرد.

ورمی کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی⁴ بر روی ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شوند (Sangwan et al., 2008). ورمی کمپوست غنی از مواد شبه هورمونی و ویتامین‌ها بوده و عصاره آن به عنوان یک آفت‌کش قوی زیستی مطرح است که باعث افزایش جامعه میکروبی خاک و

از دیدگاه کشاورزی پایدار، خاک نه تنها یک بستر فیزیکی و شیمیایی است، بلکه به منزله یک پیکره زنده است که با مدیریت موجودات زنده آن، می‌توان تنوع زیستی، سلامت و به دنبال آن کارکرد آن را حفظ کرده و افزایش داد، لذا به منظور رسیدن به یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که علاوه بر تأمین نیازهای

1. 2 و 3- به ترتیب استاد دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد، بورسیه دانشگاه شاهد و دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول:

(Email: rezvani@um.ac.ir)

به دست آمد.

در حال حاضر، به دلیل توجه افکار عمومی به اثرات جانبی مواد شیمیایی کشاورزی، پژوهش‌ها در مورد ریز موجودات همزیست با گیاهان به عنوان سیستمی کم‌نهاد توسعه یافته است (Founoune et al., 2002). میکوریزا از مهمترین موجودات همزیست با گیاهان هستند که به یک راسته مونوفیلیک¹ به نام گلومرومیکوتا² تعلق دارند (Schussler et al., 2001) و تقریباً در تمام اکوسیستم‌های خشکی حضور دارند (Zhu et al., 2010). میکوریزاها همزیست‌های اجباری هستند و با 70 تا 90 درصد گونه‌های گیاهی کره زمین همزیستی نشان می‌دهند و کربن مورد نیاز برای تکمیل چرخه زندگی‌شان را از گیاه میزبان به دست می‌آورند (Zhu et al., 2010; Bago et al., 2000). میکوریزا ضمن بهبود جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر (Roesti et al., 2006)، باعث بهبود ساختار خاک (Rillig & Mummey, 2006) و افزایش مقاومت به تنش‌های محیطی (Marulanda et al., 2007) می‌شود. برخی محققین (Azcon-Aguilar & Barea, 1996) به اثرات مثبت میکوریزا بر کنترل عوامل بیماری‌زا اشاره کرده‌اند. وو و زو (Wu & Zou, 2010) گزارش کردند که *Glomus mosseae* باعث بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه نارنگی (*Citrus tangerine* Tanaka) شد. جهان و همکاران (Jahan et al., 2007) اثر کاربرد همزمان میکوریزا (*Glomus intraradices*) و باکتری‌های آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن (*Azotobacter paspali* و *Azospirillum brasilense*) را در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک بررسی و گزارش کردند که بیشترین سرعت فتوسنتز و عدد کلروفیل متر ذرت (*Zea mays* L.) در تلقیح همزمان میکوریزا و باکتری به دست آمد.

یکی از مشکلات اساسی در کاربرد کودهای آلی، کندی سرعت آزاد شدن عناصر غذایی در آن‌هاست که در نتیجه ممکن است زمان رهاسازی عناصر غذایی آن‌ها با نیاز گیاه منطبق نباشد. در این شرایط استفاده از نهاده‌های بیولوژیک نظیر میکوریزا می‌تواند راهکاری مناسب برای افزایش کارایی این کودها باشد (Perner et al., 2007). از آنجایی که میکوریزا همزیست اجباری گیاه است، ارتباط میکوریزا و مواد آلی خاک رابطه‌ای غیرمستقیم است، با این حال ثابت شده است که میکوریزاها به طور محسوسی به حضور مواد آلی در محیط

نگهداری عناصر غذایی برای دوره‌ای طولانی‌تر بدون اثرات منفی بر محیط می‌گردد (Padmavathiamma et al., 2008). گزارش شده است که ورمی کمپوست به عنوان اصلاح‌کننده آلی خاک، در بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان مؤثر است (Raja Sekar & Karmegam, 2010). گوتیرز و همکاران (Gutierrez et al., 2007) در بررسی اثر ورمی کمپوست بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) گزارش کردند که ارتفاع گیاه 85 روز پس از نشاکاری در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست به طور معنی‌داری بیشتر از شاهد بود.

کمپوست‌ها موادی هستند که طی فرآیند تجزیه مواد آلی توسط میکروارگانیسم‌ها در حضور اکسیژن ساخته می‌شوند (Rantala et al., 1999). این کود دارای اغلب عناصر غذایی اصلی مورد نیاز گیاه بوده و در ضمن باعث کاهش سطوح آلاینده‌ها، بهبود ساختار خاک و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ترکیبات هیومیک خاک می‌شود (Gutierrez et al., 2007). افزون بر این، استفاده از این کودها در کنترل فرسایش خاک و جلوگیری از آلودگی منابع آبی مؤثر است (Remus et al., 2000). دلات (Delate, 2000) پس از بررسی اثر کودهای آلی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی چندین گیاه دارویی گزارش کرد که ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع در بوته سرخارگل (*Echinaceae purpurea* L.) و افزایش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی در گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) شد.

گوگرد یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که در سال‌های اخیر استفاده از آن کمتر مورد توجه قرار گرفته است (Scherer, 2001). کاهش استفاده از نهاده‌های گوگردی از یک سو و افزایش روزافزون استفاده از کودهای NPK از سوی دیگر باعث بر هم خوردن تعادل گوگردی خاک‌های کشاورزی شده است، به طوری که برخی محققین (Kertesz & Mirleau, 2004; Anandham et al., 2007) گزارش کردند که به دلیل کمبود گوگرد، سنتز برخی پروتئین‌ها و ویتامین‌های ضروری گیاهان با مشکل مواجه می‌شود، از این رو استفاده از نهاده‌های گوگردی بوم‌سازگار نظیر گرانوله گوگردی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان ضروری به نظر می‌رسد. جهان و همکاران (Jahan et al., 2011) اثر گیاهان پوششی و کودهای بیولوژیک مختلف را بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد (*Sesamum indicum* L.) بررسی و گزارش کردند که بیشترین میزان روغن دانه در تیمار بیوسولفور (39/4 درصد)

1- Monophyletic phylum

2- Glomero mycota

عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 درجه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 36 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل میکوریزا (*Glomus mosseae*)، میکوریزا به علاوه کمپوست، میکوریزا به علاوه ورمی کمپوست، میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی، کمپوست، ورمی کمپوست، گرانوله گوگردی و شاهد (بدون اعمال کود) بودند.

زمین محل اجرای آزمایش در سال زراعی قبل زیر کشت زیره سیاه (*Carum carvi* L.) بود. قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک محل پژوهش نمونه‌برداری انجام گرفت. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 نشان داده شده است.

به منظور اعمال کودهای آلی، میزان عناصر غذایی هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی تعیین (جدول 2) و سپس بر حسب نیاز غذایی کتجد به ترتیب بر مبنای 10، 7/5 و 7/5 تن در هکتار، قبل از کاشت به طور یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و بلافاصله توسط بیل دستی وارد خاک شدند.

به منظور آماده‌سازی زمین تنها عملیات دیسک‌زنی با تأکید بر خاکورزی حداقل در نظر گرفته شد و کلیه مراحل بعدی توسط کارگر و به کمک بیل دستی انجام شد. به منظور اعمال میکوریزا، بر اساس توصیه شرکت تولیدکننده، این قارچ‌ها (به صورت مخلوط با خاک) در هر ردیف کشت به طور نواری بر روی خطوط کاشت پخش شدند. بذور کتجد (توده اسفراین) تهیه شده از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در تاریخ هفت خرداد ماه 1389 در کرت‌هایی به ابعاد 4x5 متر کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک‌بار تا آخر فصل رشد به روش کرتی انجام شدند. به منظور جلوگیری از نشت آب تیمارها با یکدیگر، برای هر بلوک یک جوی آب جداگانه در نظر گرفته شد. برای حصول تراکم مناسب (50 بوته در مترمربع)، در مرحله 4-6 برگی عملیات تنک انجام شد. کنترل علف‌های هرز، در دو نوبت با وجین‌دستی به ترتیب 30 و 45 روز پس از کاشت انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد، با تأکید بر عمیات زراعی اکولوژیک از هیچ علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

رشدشان پاسخ مثبت می‌دهند (Joner, 2005; Gryndler et al., 2000). به نظر می‌رسد که توانایی میکوریزا برای استفاده از اشکال آلی نیتروژن و فسفر، عامل تعیین‌کننده کلیدی در تأثیر کودهای آلی بر بهره‌وری گیاه زراعی باشد (Jahan, 2011). عملیات کشاورزی پرنهاده نظیر استفاده از نهاده‌های شیمیایی، آفت‌کش‌ها و تک‌کشتی باعث کاهش تأثیرگذاری میکوریزا می‌شود (Oehl et al., 2004). در منابع متعدد به اثر مثبت کودهای آلی بر گسترش قارچ‌های میکوریزا، ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور خاک و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی در داخل خاک و اندام‌های مختلف گیاهان تأکید شده است (Morone et al., 2005; Gryndler et al., 2006). لی و همکاران (Lee et al., 2008) گزارش کردند که فراوانی اسپورها و تنوع گونه‌های میکوریزا در مزارع ارگانیک بیشتر از مزارع رایج بود.

کتجد یکی از مهمترین گیاهان دانه روغنی در دنیا به شمار می‌رود که به خانواده پدالیاسه¹ تعلق دارد (Debnath et al., 2007). دانه، روغن و کنجاله کتجد کاربردهای متعدد تغذیه‌ای و صنعتی دارند که از آن جمله می‌توان به کاربرد آن‌ها در صنایع دارویی، آرایشی، عطاری و صابون‌سازی اشاره کرد (Uzun et al., 2008). دانه کتجد دارای 25 درصد پروتئین و 50 درصد روغن است و از این‌رو از ارزش غذایی بالایی برخوردار است (Rajeswari et al., 2010). کتجد در عین حال که محصول مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیر است، ولی اصلاح واریته‌های مناسب موجب گسترش آن به مناطق معتدل‌تر شده است (Hasanpour et al., 2011).

با توجه به اهمیت و نقش کتجد به عنوان یک گیاه دارویی و روغنی، نکته حائز اهمیت در تولید این گیاه، بهبود خواص کمی و کیفی آن بدون کاربرد نهاده‌های مضر شیمیایی می‌باشد و از آنجایی که تحقیقات در زمینه اثرات همزمان میکوریزا و کودهای آلی بر رشد و عملکرد گیاهان مختلف اندک است، این پژوهش با هدف بررسی اثر کاربرد همزمان این نهاده‌های اکولوژیک بر خصوصیات کمی و کیفی کتجد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 89-1388 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد با

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physico-chemical characteristics of studied experimental soil site

بافت Texture	پتاسیم قابل دسترس (پی پی ام) Potassium available (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی پی ام) Available phosphorus (ppm)	نیترژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH
سیلت-لومی Silt-loam	475	11	0.079	1.1	7.6

جدول 2- نتایج تجزیه شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical characteristics of organic fertilizers used in experiment

کود آلی Organic fertilizer	نیترژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	گوگرد (درصد) Sulphur (%)
کمپوست Compost	1.45	1.06	1.05	-
ورمی کمپوست Vermicompost	1.43	1.22	1.03	-
گرانوله گوگردی Sulfural granule	1.39	1	0.9	10

ورمی کمپوست به ترتیب 29 و 23 درصد بیشتر از شاهد بود (شکل 1). میکوریزا بر کارایی تمامی کودهای آلی مورد مطالعه تأثیر داشت، به طوری که وزن دانه در بوته در هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی به ترتیب 14، 25 و 68 درصد بیشتر از کاربرد جداگانه این کودها بود (شکل 1). عموماً، بین وزن و تعداد دانه تولید شده توسط گیاهان زراعی همبستگی مثبت وجود دارد. به عبارت دیگر، ممکن است عملکرد بالای دانه در تعداد بیشتر دانه نمود پیدا کند (Evans, 1993). با توجه به جدول 4، بین تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت ($R^2=0/82$)، لذا با توجه به این که کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی کمپوست تعداد دانه در بوته را افزایش داد (شکل 1)، افزایش وزن دانه در بوته در شرایط استفاده از این کودها منطقی به نظر می رسد. به نظر می رسد که کاربرد کودهای آلی احتمالاً از طریق افزایش فتوسنتز گیاه باعث شدند که کربن بیشتری در اختیار میکوریزا قرار گیرد (Gavito & Olsson, 2003) و در نتیجه کارایی میکوریزا در شرایط استفاده از این کودها افزایش یافت. لی و همکاران (Lee et al., 2008) گزارش کردند که در مزارع ارگانیک که تکیه آن ها بر استفاده از کودهای آلی است، کارایی میکوریزا بیشتر از مزارع رایج بود.

در انتهای فصل رشد، همزمان با زرد شدن بوته ها و خشک شدن غلاف ها، برای تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت، بوته های دو مترمربع از هر کرت آزمایشی برداشت شدند. همچنین سه بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و وزن هزار دانه، وزن دانه در بوته و تعداد دانه در بوته آن ها تعیین شدند. عملکرد دانه و بیولوژیک با ترازوی دیجیتالی با دقت یک صدم گرم و وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم اندازه گیری شدند. به منظور تعیین میزان روغن دانه از روش استخراج گرم AOAC (Official Method 972.28 (41.1.22) استفاده شد (Horwitz & Latimer, 2005).

جهت تجزیه واریانس و تحلیل آماری داده های آزمایش و رسم نمودارها، از نرم افزارهای SAS Ver. 9.1 و MS Excel Ver. 11 استفاده شد. مقایسه کلیه میانگین ها در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

وزن دانه در بوته

کودهای بیولوژیک و آلی از نظر وزن دانه در بوته، تفاوت معنی دار داشتند ($p \leq 0/01$) (جدول 3)، به طوری که وزن دانه در بوته در اثر تیمارهای میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی و میکوریزا به علاوه

تعداد دانه در بوته

در بررسی اثر کودهای بیولوژیک و آلی بر تعداد دانه در بوته مشاهده شد که هر یک از تیمارهای میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی، میکوریزا به علاوه ورمی کمپوست، کمپوست، میکوریزا و ورمی کمپوست به ترتیب باعث افزایش 54، 17، 12، 11 و 10 درصدی تعداد دانه در بوته نسبت به شاهد شدند (شکل 1). میکوریزا

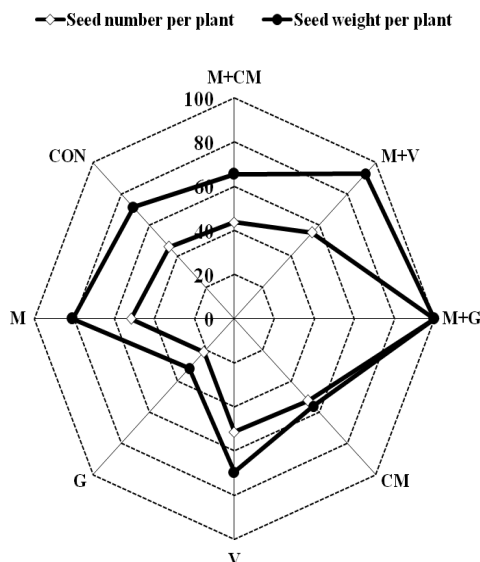
کارایی کود آلی گرانوله گوگردی را بیشتر از سایر کودهای آلی مورد مطالعه تحت تأثیر قرار داد، به طوری که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی (20028 دانه در بوته) و کمترین مقدار آن در کاربرد جداگانه گرانوله گوگردی (4296 دانه در بوته) حاصل شد (شکل 1).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی و کیفی کنگد تحت تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی مختلف
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for some quantitative and qualitative characteristics of sesame as affected by different organic and biological fertilizer application

منابع تغییر S.O.V	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	روغن دانه Seed oil
کودهای بیولوژیک و آلی Organic and biological fertilizer	52739 ^{ns}	480717 ^{ns}	0.85 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.55*	394340*	3.29 ^{ns}
بلوک Block	903541**	14265298**	31.99**	0.0117**	3.72**	57571330**	19.82**
خطا Error	32846	1162789	1.96	0.0018	0.15	641994	1.70

*, **, ns: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی دار

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



شکل 1- تغییرات وزن و تعداد دانه در بوته کنگد در اثر کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی مختلف

Fig. 1- Variation of seed weight and number of seed per sesame plant as affected by organic and biofertilizers

مبنای مقایسه تیمارها میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی است.

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

Mycorrhiza+sulfural geranole was the base for comparisons.

(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

جدول 4- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک در کنجد

Table 4- Correlation coefficients between studied characteristics as affected by different organic and biological fertilizer application in sesame

ردیف Row	متغیر Variable	1	2	3	4	5	6	7
1	عملکرد دانه Seed yield							
2	عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.45*						
3	شاخص برداشت Harvest index	-0.23	-0.38					
4	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	-0.26	-0.15	0.77**				
5	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	0.99**	0.44*	-0.22	-0.26			
6	تعداد دانه در بوته Seed number per plant	0.82**	0.23	-0.39	-0.52	0.82**		
7	روغن دانه Seed oil	-0.53*	-0.10	0.03	0.04	-0.53*	-0.45*	

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

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

گیاه و افزایش وزن هزار دانه آن شد. ارمان و همکاران (Erman et al., 2011) گزارش کردند که کاربرد جداگانه میکوریزا باعث افزایش وزن دانه و به تبع آن عملکرد دانه نخود (*Cicer arietinum* L.) شد. اثر میکوریزا بر کارایی کودهای آلی مورد مطالعه بر وزن هزار دانه متفاوت بود، به طوری که باعث افزایش کارایی کمپوست و کاهش کارایی ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی در مقایسه با کاربرد جداگانه هر یک از این کودها بر این ویژگی شد (جدول 5)، در حالی که تمامی کودهای آلی مورد مطالعه کارایی میکوریزا را کاهش دادند، به طوری که وزن هزار دانه در کاربرد همزمان میکوریزا با هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی به ترتیب 9، 28 و 47 درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا کمتر بود (جدول 5). به نظر می رسد که کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی بیشتر صرف افزایش تعداد دانه شده و در نتیجه وزن هزار دانه کاهش یافته است. ثابت شده است که با قابل دسترس شدن عناصر غذایی خاک به ویژه فسفر، کارایی میکوریزا به منظور بهبود ویژگی های کمی و کیفی گیاه کاهش می یابد (Joner, 1999)، لذا احتمالاً رهاسازی عناصر غذایی کودهای آلی باعث کاهش کارایی میکوریزا شد. سانیز و همکاران (Saniz et al., 1998) نیز کاهش فعالیت میکوریزا را توأم با مصرف کمپوست گزارش کرده است.

به نظر می رسد که ترکیب کودهای آلی و میکوریزا از طریق افزایش فعالیت های آنزیمی در خاک (Fließbach & Mader, 2000) و کاربرد جداگانه میکوریزا و کودهای آلی به ترتیب از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی (Roesti et al., 2006) و افزایش ثبات خاکدانه های خاک (Mader et al., 2002) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه نظیر تعداد دانه در بوته شدند. ریان و همکاران (Ryan et al., 2000) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی در مزارع ارگانیک باعث افزایش کلونی شدن میکوریزا و افزایش تنوع گونه ای آن نسبت به مزارع رایج شد. درزی و همکاران (Dorzi et al., 2007) و کیوک و پانک (Liuc & Pank, 2005) به ترتیب گزارش کردند که کاربرد میکوریزا و ورمی کمپوست، عملکرد و اجزای عملکرد رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) و بابونه رومی (*Anthemis nobilis* L.) را افزایش داد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به طور معنی داری تحت تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی مختلف قرار گرفت ($p \leq 0/01$) (جدول 3) و بیشترین و کمترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای میکوریزا (0/43 گرم) و میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی (0/23 گرم) مشاهده شد (جدول 4). به نظر می رسد که احتمالاً میکوریزا از طریق تولید هورمون های گیاهی نظیر اکسین (Marulanda et al., 2009) باعث بهبود خصوصیات رشدی

جدول 5- مقایسه میانگین اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کنگد

Table 5- Means comparison for some quantitative and qualitative characteristics of sesame as affected by biological and organic fertilizer

تیمارها Treatments	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	روغن دانه (درصد) Seed oil (%)
M+CM	27.47 ^{a*}	0.39 ^{ab}	38.01 ^{bc}
M+V	20.05 ^{bc}	0.31 ^{bcd}	38.68 ^{bc}
M+G	19.59 ^c	0.23 ^d	37.09 ^c
CM	19.52 ^c	0.27 ^{cd}	41.85 ^a
V	26.37 ^a	0.34 ^{bc}	40.36 ^{ab}
G	22.35 ^b	0.32 ^{bc}	40.00 ^{ab}
M	25.52 ^a	0.43 ^a	33.55 ^d
CON	25.16 ^a	0.33 ^{bc}	40.21 ^{ab}

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control).

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال پنج درصد، تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن ندارند.

* In each column, means followed by the same letters are not significantly different based on Duncan's test ($p \leq 0.05$).

کودهای آلی مرتبط باشد. نتایج این آزمایش با نتایج گالوز و همکاران (Galvez et al., 2001) و جونر (Joner, 2000) همخوانی دارد.

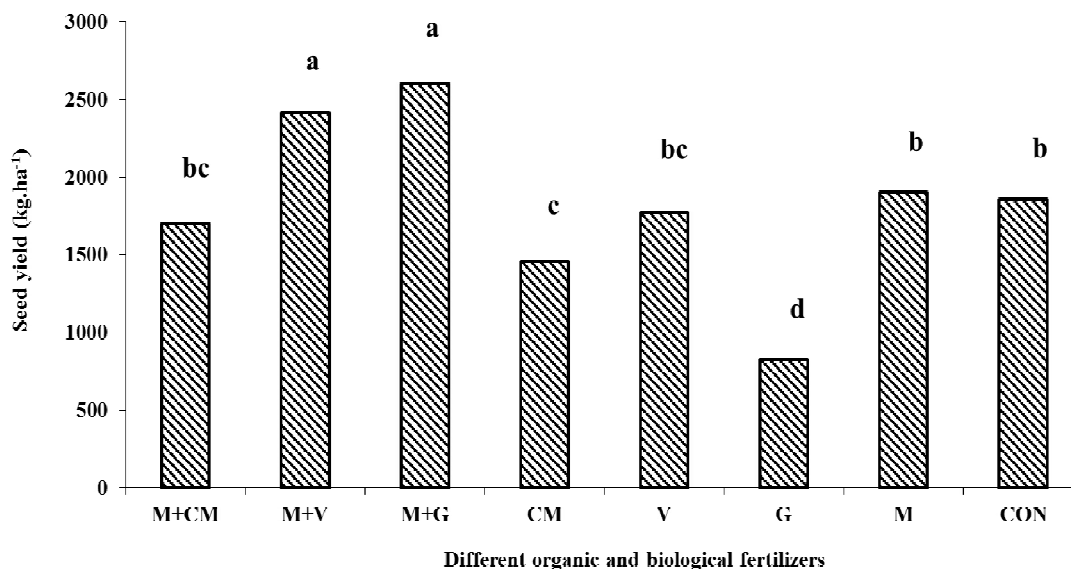
عملکرد بیولوژیک

کودهای آلی و بیولوژیک به طور معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک تأثیر داشتند ($p \leq 0/01$) (جدول 3). با توجه به شکل 3، هر یک از تیمارهای میکوریزا+کمپوست، میکوریزا+ورمی کمپوست، میکوریزا+گرانوله گوگردی، کمپوست و میکوریزا به ترتیب باعث افزایش 23، 43، 12، 33 و 18 درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شدند که البته از این نظر تفاوت میکوریزا و میکوریزا به علاوه گرانوله گوگردی با شاهد معنی‌دار نبود (جدول 3). میکوریزا کارایی تیمارهای ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی را نسبت به زمانی که این کودها به تنهایی به کار رفتند، به طور معنی‌دار افزایش داد (شکل 3). به نظر می‌رسد که میکوریزا از طریق بهبود جذب عناصر غذایی (Latef & Chaoxing, 2011) و کودهای آلی از طریق بهبود ساختار خاک (Pavlou et al., 2007) باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شدند، ضمن این که احتمالاً میکوریزا از طریق کمک به رهاسازی عناصر غذایی کودهای آلی (Perner et al., 2007) باعث افزایش کارایی آن‌ها شد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2011) اثر میکوریزا و کودهای بیولوژیک را بر خصوصیات کمی سیر (*Allium sativum* L.) بررسی و گزارش کردند که *Glomus mosseae* باعث افزایش 50 درصدی عملکرد بیولوژیک شد.

عملکرد دانه

همان‌طور که در شکل 1 مشاهده می‌شود، اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$)، به طوری که میکوریزا چه به تنهایی و چه در ترکیب با کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی کمپوست باعث افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد شد، گرچه تفاوت کاربرد جداگانه میکوریزا با شاهد معنی‌دار نبود. کاربرد همزمان میکوریزا اثر تمامی کودهای آلی را تشدید کرد، به طوری که همراه با کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی به ترتیب باعث افزایش 14، 27 و 68 درصدی عملکرد دانه در مقایسه با کاربرد جداگانه این کودها شد (شکل 2).

با توجه به ضرایب همبستگی بین صفات مختلف (جدول 4)، بین تعداد و وزن دانه در بوته و عملکرد دانه همبستگی مثبت (به ترتیب $R^2=0/82$ و $R^2=0/99$) وجود داشت، لذا با توجه به این که کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی گرانوله گوگردی و ورمی کمپوست باعث افزایش تعداد و وزن دانه در بوته شد (جدول 5)، افزایش عملکرد دانه در شرایط استفاده همزمان این تیمارها منطقی به نظر می‌رسد. ثابت شده است که بین گسترش و فعالیت میکوریزا و مواد آلی خاک همبستگی مثبت وجود دارد (Gryndler et al., 2001)، بدین ترتیب که استفاده از کودهای آلی باعث استقرار بهتر میکوریزا بر روی گیاه میزبان می‌شود (Oehl et al., 2004)، بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش عملکرد دانه در کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی با استقرار مناسب‌تر این قارچ‌ها در شرایط استفاده از



شکل 2- اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر عملکرد دانه کنجد
Fig. 2- Effect of different organic and biological fertilizers on seed yield of sesame
 (M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)
 (M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

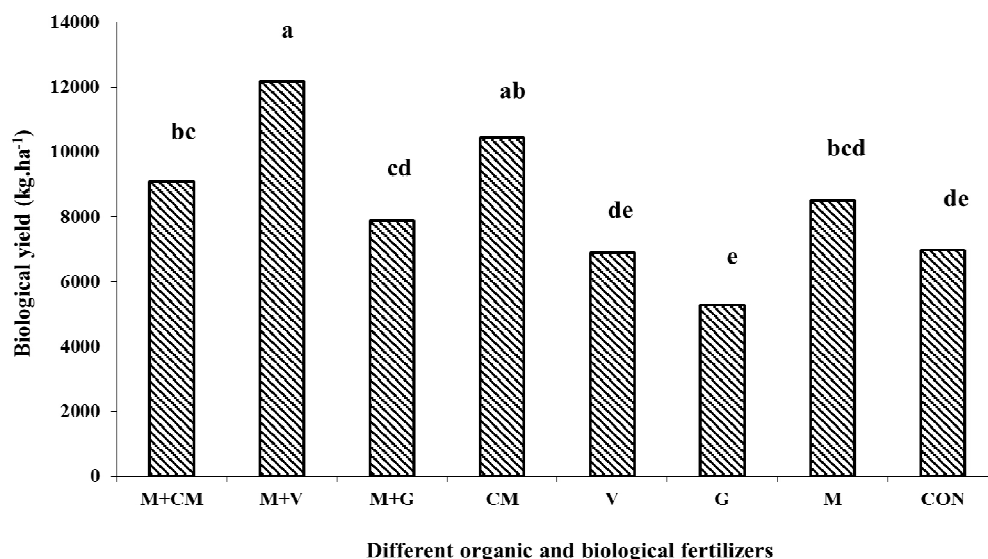
نبود (جدول 5).

میکوریزا کارایی کمپوست را بیشتر از سایر کودهای آلی تحت تأثیر قرار داد و بیشترین شاخص برداشت در کاربرد همزمان میکوریزا و کمپوست (27/47) و کمترین مقدار آن در کاربرد جداگانه کمپوست (19/52) به دست آمد (جدول 5). به نظر می‌رسد که میکوریزا و کمپوست از طریق بهبود ساختار خاکدانه‌های خاک (Ortas, 2002; Franzluebbers, 2002; Celik et al., 2004) و در نتیجه باعث بهبود ویژگی‌های کمی گیاه از جمله شاخص برداشت آن شدند. به نظر می‌رسد که ورمی کمپوست از طریق افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت خاک (Sangwan et al., 2008) و میکوریزا از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی (Larsen et al., 2009) باعث افزایش شاخص برداشت گیاه شدند. آتیه و همکاران (Atiyeh et al., 2000) اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست را بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی بررسی و گزارش کردند که حتی در کمترین سطح ورمی کمپوست (پنج تن در هکتار) عملکرد گیاه نسبت به شاهد افزایش یافت.

دلتا (Delate, 2000) گزارش کرد که کمپوست در گیاه سرخارگل از طریق افزایش ارتفاع و در گیاه بادرنجبویه از طریق افزایش وزن خشک اندام هوایی باعث افزایش عملکرد بیولوژیک این گیاهان شد. محمدآبادی و همکاران (Mohammad Abadi et al., 2011) گزارش کردند که کودهای آلی بیشترین قابلیت هضم ماده خشک و ماده آلی برگ شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) را در مقایسه با کودهای شیمیایی دارا بودند. لیندرمن و دیویس (L. Linderman & Davis, 2001) با بررسی اثر کودهای آلی بر فعالیت میکوریزا گزارش کردند که استفاده از کمپوست باعث افزایش کارایی میکوریزا در جذب عناصر غذایی شد.

شاخص برداشت

بین کودهای آلی و بیولوژیک از نظر شاخص برداشت تفاوت معنی‌داری مشاهده شد ($p \leq 0/01$) (جدول 3)، به طوری که هر یک از تیمارهای میکوریزا به علاوه کمپوست، ورمی کمپوست و میکوریزا به ترتیب باعث افزایش هشت، پنج و یک درصدی شاخص برداشت نسبت به شاهد شدند، که البته از این نظر تفاوتشان با شاهد معنی‌دار



شکل 3- اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر عملکرد بیولوژیک کنجد
 Fig. 3- Effect of organic and biological fertilizers on biological yield of sesame

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی کمپوست، G: گرانوله گوگردی و شاهد: CON)
 (M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

میکوریزا دارای برهمکنش مثبت با سایر میکروارگانیسم‌های خاک است (Artursson et al., 2006)، در نتیجه کارایی میکوریزا در شرایط استفاده از کودهای آلی تشدید شد. گریندلر و همکاران (Gryndler et al., 2001) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی باعث استقرار و رشد بهتر میکوریزا شد.

گروه‌بندی تیمارهای آزمایشی

همان‌طور که در شکل 4 مشاهده می‌شود، کودهای آلی و بیولوژیک بر اساس دندوگرام تجزیه خوشه‌ای به دو خوشه تقسیم شدند (سطح تشابه 75 درصد)، بدین ترتیب که تیمارهای ورمی کمپوست، میکوریزا، میکوریزا به علاوه کمپوست و شاهد در خوشه اول و تیمارهای کمپوست و میکوریزا به علاوه ورمی کمپوست در خوشه دوم قرار گرفتند. به نظر می‌رسد که احتمالاً کاربرد جداگانه میکوریزا به علت عدم حاصلخیزی خاک و نبود شرایط مناسب برای همزیستی آن‌ها با گیاه، کاربرد جداگانه ورمی کمپوست به علت قابل دسترس نشدن عناصر غذایی موجود در آن‌ها و کاربرد همزمان میکوریزا و کمپوست به علت عدم برقراری همزیستی مناسب میکوریزا و گیاه، کارایی لازم را در جهت بهبود خصوصیات کمی و

گامالرو و همکاران (Gamalero et al., 2004) اثر میکوریزا بر خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی را مثبت گزارش کردند.

روغن دانه

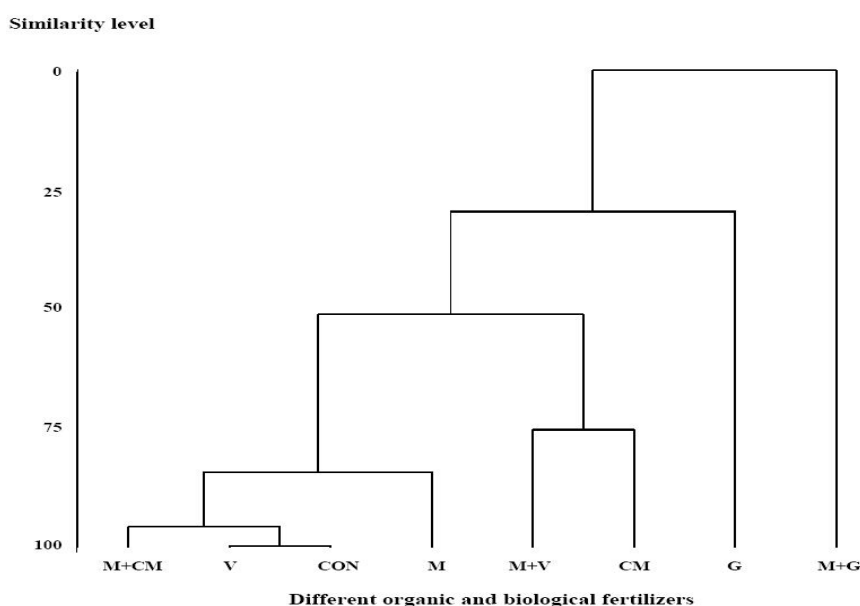
اثر کودهای آلی و بیولوژیک بر میزان روغن دانه معنی‌دار بود ($p \leq 0/01$) (جدول 3)، به طوری که بیشترین و کمترین روغن دانه به ترتیب در تیمارهای کمپوست (41/85 درصد) و میکوریزا (33/55 درصد) به دست آمد (جدول 5). به نظر می‌رسد که کمپوست از طریق بهبود فراهمی عناصر غذایی و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی و ترکیبات هیومیک خاک (Gutierrez et al., 2007) باعث بهبود خصوصیات کیفی گیاه نظیر روغن دانه شد. همسو با نتایج این پژوهش مونا و همکاران (Mona et al., 2008) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. تمامی کودهای آلی باعث تشدید اثر میکوریزا شدند، به طوری که در کاربرد همزمان میکوریزا و هر یک از کودهای کمپوست، ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی روغن دانه به ترتیب 12، 13 و 10 درصد نسبت به کاربرد جداگانه میکوریزا افزایش یافت (جدول 5). احتمالاً کاربرد کودهای آلی باعث افزایش زیست‌توده میکروبی خاک شده است (Fliebsbach & Mader, 2000) و از آنجایی که

درصد).

نتیجه‌گیری

کارایی کودهای آلی در اکثر صفات مورد مطالعه در حضور میکوریزا تشدید شد. به عنوان مثال، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و وزن و تعداد دانه در بوته در کاربرد همزمان میکوریزا و کودهای آلی ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی نسبت به کاربرد جداگانه این کودها افزایش یافت.

کیفی گیاه نداشتند و در نتیجه با تیمار شاهد در یک گروه قرار گرفتند. با توجه به میزان عناصر غذایی کودهای آلی مورد مطالعه (جدول 2)، دو کود کمپوست و ورمی کمپوست از نظر درصد نیتروژن تفاوت چندانی نداشتند، ولی درصد فسفر در ورمی کمپوست به میزان قابل توجهی بیشتر از کمپوست بود، بنابراین به نظر می‌رسد که در تیمار میکوریزا+ورمی کمپوست، به علت فراوانی فسفر در ورمی کمپوست گیاه نیازی به همزیستی با میکوریزا نداشته است، لذا دو تیمار مذکور در یک گروه قرار گرفتند. تیمارهای گرانوله گوگردی و میکوریزا+گرانوله گوگردی تشابه قابل قبولی با سایر تیمارها نشان ندادند و هر یک در خوشه‌های مستقلی قرار گرفتند (سطح تشابه 75



شکل 4- تجزیه خوشه‌ای کودهای آلی و بیولوژیک

Fig. 4- Cluster analysis of organic and biological fertilizers

(M: میکوریزا، CM: کمپوست، V: ورمی کمپوست، G: گرانوله گوگردی و CON: شاهد)

(M: Mycorrhiza, CM: Compost, V: Vermicompost, G: Sulfural geranole and CON: Control)

کودهای ورمی کمپوست و گرانوله گوگردی، عملکرد دانه و میزان روغن دانه را به ترتیب افزایش و کاهش داد. بر اساس نتایج آزمایش، کاربرد جداگانه گرانوله گوگردی اثر چندانی بر صفات مورد مطالعه نداشت، در حالی که زمانی که این کود به همراه میکوریزا استفاده شد اکثر صفات مورد مطالعه بهبود یافتند، بنابراین به نظر می‌رسد که استفاده تلفیقی کود آلی گرانوله گوگردی و نهاده‌های بیولوژیک راهکاری مؤثر برای تأثیرگذاری بیشتر کودهای گوگردی باشد. با توجه

مقایسه کاربرد جداگانه کودهای آلی نشان داد که ورمی کمپوست از نظر صفاتی چون عملکرد دانه، شاخص برداشت، وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته و کمپوست در رابطه با صفاتی همچون عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته و روغن دانه نسبت به سایر کودهای آلی برتر بودند.

نتایج نشان داد که کاربرد جداگانه میکوریزا در تمامی صفات مورد مطالعه نسبت به شاهد برتری داشت. کاربرد همزمان میکوریزا و

سپاسگزاری

هزینه های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی و از محل بودجه طرح مصوب کد 346 پ مورخه 88/8/26 تامین شده است. لذا بدینوسیله تشکر و قدردانی می شود.

به یافته های این پژوهش، با مدیریت تلفیقی عناصر غذایی می توان ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاهان، مخاطرات زیست محیطی ناشی از نهاده های شیمیایی در تولید کنجد را کاهش داد.

منابع

- 1- Anandham, R., Sridar, R., Nalayini, P., Poonguzhali, S., Madhaiyan, M., and Tongmin, S. 2007. Potential for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L. cv. ALR-2) by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and *Rhizobium*. Microbiological Research 162: 139-153.
- 2- Artursson, V., Finlay, R.D., and Jansson, J.K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology 8: 1-10.
- 3- Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J. 2000. Earthworm-processed organic waste as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. Compost Science and Utilization 8: 215-253.
- 4- Azcon-Aguilar, C., and Barea, J.M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens-an overview of the mechanisms involved. Mycorrhiza 6: 457-464.
- 5- Bago, B., Pfeffer, P.E., and Shachar-Hill, Y. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. Plant Physiology 124: 949-958.
- 6- Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78: 59-67.
- 7- Darzi, M.T., Galavand, A., Rejali, F., and Kon, F.S. 2007. Effect of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 276-292. (In Persian with English Summary)
- 8- Debnath, R.L., Moharana, R.L., and Basu, A.K. 2007. Evaluation of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes for its seed production potential as influenced by bio-fertilizer. Journal of Crop and Weed 3: 33-36.
- 9- Delate, K. 2000. Heenah mahyah student from herb trail. Leopold center for sustainable agriculture. Annual Reports, Iowa State University. Ames, IA.
- 10- Erman, M., Demir, S., Ocak, E., Tufenkci, S., Oguz, F., and Akkopru, A. 2011. Effects of *Rhizobium*, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1-yield, yield components, nodulation and AMF colonization. Field Crops Research 122: 14-24.
- 11- Evans, L.T. 1993. Crop evolution, adaptation and yield. Cambridge University Press 512 pp. ISBN: 0521295580.
- 12- Fliessbach, A., and Mader, P. 2000. Microbial biomass and size-density fractions differ between soils of organic and conventional agricultural systems. Soil Biology and Biochemistry 32: 757-768.
- 13- Founoune, H., Duponnois, R., Meyer, J.M., and Thioulouse, J. 2002. Interactions between ectomycorrhizal symbiosis and fluorescent *Pseudomonads* on *Acacia holosericea*: isolation of mycorrhiza helper bacteria (MHB) from a Soudano-Sahelian soil. FEMS Microbiology Ecology 41: 37-46.
- 14- Franzluebbers, A.J. 2002. Water infiltration and soil structure related to organic matter and its stratification with depth. Soil and Tillage Research 66: 97-205.
- 15- Galvez, L., Douds, D.D., Drinkwater, L.E., and Wagoner, P. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. Plant and Soil 228: 299-308.
- 16- Gamalero, E., Trotta, A., Massa, N., Copetta, A., Martinotti, M.G., and Berta, G. 2004. Impact of two fluorescent *Pseudomonads* and arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. Mycorrhiza 14: 185-192.
- 17- Gavito, M.E., and Olsson, P.A. 2003. Allocation of plant carbon to foraging and storage in arbuscular mycorrhizal fungi. Federation of European Microbiological Societies Microbiology Ecology 45: 181-187.
- 18- Gryndler, M., Hrselova, H., Vosatka, M., Votruba, J., and Klir, J. 2001. Organic fertilization changes the response of mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi and their sporulation to mineral NPK supply. Folia Microbiologica

- 46: 540-542.
- 19- Gryndler, M., Larsen, J., Hrselova, H., Rezacova, V., Gryndlerova, H., and Kubat, J. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. *Mycorrhiza* 16: 159-166.
 - 20- Gutierrez, F.A., Santiago, J., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Abud, M., Llaven, M.A.O., Rincon, R., and Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Bioresource Technology* 98: 2781-2786.
 - 21- Hasanpour, R., Pirdashti, H., Esmaili, M.A., and Abbasian, A. 2011. Response of yield and yield components of three sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars to application of nitrogen and supernitroplus biofertilizer. *Iranian Journal of Agroecology* 3: 9-16. (In Persian with English Summary)
 - 22- Horwitz W., and Latimer, G.W. 2005. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC), 18th Edition. Maryland, USA.
 - 23- Jahan, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effects of arbuscular mycorrhizal fungus and free living nitrogen fixing bacteria on growth, photosynthesis and yield of corn (*Zea mays* L.) in conventional and ecological cropping systems. *Iranian Journal of Field Crops Research* 5: 53-67. (In Persian with English Summary)
 - 24- Jahan, M. 2011. Mycorrhizal Technology in Agriculture: from Genes to Bioproducts. Vajeganeherad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
 - 25- Jahan, M., Nassiri Mahallati, M., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on qualitative and qualitative characteristics of sesame in condition of cover crops application. *Agroecology* (In press). (In Persian with English Summary)
 - 26- Joner, E.J. 1999. The effect of long-term fertilization with organic or inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. *Biology and Fertility of Soils* 32: 435-440.
 - 27- Joner, E.J. 2000. The effect of long-term fertilization with organic and inorganic fertilizers on mycorrhiza-mediated phosphorus uptake in subterranean clover. *Biology and Fertility of Soil* 32: 435-440.
 - 28- Kertesz, M.A., Mirleau, K. 2004. The role of soil microbes in plant sulfur nutrition. *Journal of Experimental Botany* 55: 1-7.
 - 29- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33: 150-156.
 - 30- Larsen, J., Cornejo, P., and Barea, J.M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. *Soil Biology and Biochemistry* 41: 286-292.
 - 31- Latef, A.A.H.A., and Chaoxing, H. 2011. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 33: 1217-1225.
 - 32- Lee, S.W., Lee, E.H., and Eom, A.H. 2008. Effects of organic farming on communities of arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycobiology* 36: 19-23.
 - 33- Linderman, R.G., and Davis, E.A. 2003. Soil amendment with different peatmosses affects mycorrhizae of onion. *Horticulture Technology* 13: 285-289.
 - 34- Liuc, J., and Pank, B. 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile. *Scientia Pharmaceutica* 46: 63-69.
 - 35- Mader, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., and Niggli, U. 2002. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.
 - 36- Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J.M., and Azcon, R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in laender plants colonized by native drought-tolerant of drought-sensitive *Glomus* species. *Microbial Ecology* 54: 543-552.
 - 37- Marulanda, A., Barea, J.M., and Azcon, R. 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments. Mechanisms related to bacterial effectiveness. *Journal of Plant Growth Regulation* 28: 115-124.
 - 38- Mohammad Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, J., and Bromand Rezazadeh, Z. 2011. Effect of chemical and organic fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) forage. *Journal of Agroecology* 3: 491-499. (In Persian with English Summary)
 - 39- Mona, Y., Kandil, A.M., and Swaefy Hend, M.F. 2008. Effect of three different compost levels on fennel and salvia growth character and their essential oils. *Biological Sciences* 4: 34-39.
 - 40- Morone, I., Ruta, C., Tagarelli, A., and Marzi, V. 2005. The influence of mineral and organic fertilization on the survival of mycorrhiza in artichoke roots. *Acta Horticulturae* 660: 64-71.

- 41- Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T., and Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. *Oecologia* 138: 574-583.
- 42- Ortas, I. 2002. Biological, degradation. In: Lal, R. (Eds.), *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker, USA, p. 264-267.
- 43- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermin-biowaste composting for agriculture soil improvement. *Bioresource Technology* 99: 1672-1681.
- 44- Pavlou, G.C., Ehaliotis, C.D., and Kavvadias, V.A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae* 111: 319-325
- 45- Perner, H., Schwarz, D., Bruns, C., Mader, P., and George, E. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal colonization and two levels of compost supply on nutrient uptake and flowering of pelargonium plants. *Mycorrhiza* 17: 469-474.
- 46- Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. *Scientia Horticulturae* 124: 286-289.
- 47- Rajeswari, S., Thiruvengadam, V., and Ramaswamy, N.M. 2010. Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L. through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. *South African Journal of Botany* 76: 252-258.
- 48- Rantala, P.R., Vaajasaari, K., Juvonen, R., Schultz, E., Joutti, A., and Makela-kurto, R. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agriculture use. *Water Science Technology* 40: 187-194.
- 49- Remus, R., Ruppel, S., Jacob, H.J., Hecht-Buchholz, C., and Merbach, W. 2000. Colonization behavior of two enterobacterial strains on cereals. *Biology and Fertility of Soil* 30: 550-557.
- 50- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2011. Effect of two Species of mycorrhiza and Nitroxin biofertilizer on yield and component yield of *Allium sativum* L. under ecological cropping system. *Iranian Journal of Field Crops Research* (In press). (In Persian with English Summary)
- 51- Rillig, M.C., and Mummey, D.L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171: 41-53.
- 52- Roesti, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 1111-1120.
- 53- Ryan, M.H., Small, D.R., and Ash, J.E. 2000. Phosphorus controls the level of colonization by arbuscular mycorrhizal fungi in conventional and biodynamic irrigated dairy pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 40: 663-670.
- 54- Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., and Vilarino, A. 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. *Plant and Soil* 205: 85-92.
- 55- Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 99: 2442-2448.
- 56- Scherer, H.W. 2001. Sulphur in crop production-invited paper. *European Journal of Agronomy* 14: 81-111.
- 57- Schussler, A., Schwarzott, D., and Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105: 1413-1421.
- 58- Uzun, B., Arslan, C., and Furat, S. 2008. Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85: 1135-1142.
- 59- Wu, Q.S., and Zou, Y.N. 2010. Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. *Scientia Horticulturae* 125: 289-293.
- 60- Zhu, C.X., Song, B.F., and Xu, W.H. 2010. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. *Plant and Soil* 331: 129-137.



Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system

P. Rezvani Moghaddam^{1*}, M.B. Amiri² and H.R. Ehyae³

Submitted: 25-01-2012

Accepted: 31-10-2012

Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2016. Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system. Journal of Agroecology 7(4): 563-577.

Introduction

In recent years, by increasing human knowledge and using different technology on food production, human concerns have increased on safety of food products especially medicinal crops. In order to achieve healthy food production, application of ecological inputs such as organic and biological fertilizers are inevitable. Organic fertilizers are fertilizer compounds that contain one or more kinds of organic matter. They can improve the soil ability to hold water and nutrients. They create a beneficial environment for earthworms and microbial organisms that break the soil down into rich, fine humus (Motta & Maggione, 2013).

Compost is organic matter that has been decomposed and recycled as a fertilizer and soil amendment. Compost can greatly enhance the physical structure of soil. The addition of compost may provide greater drought resistance and more efficient water utilization.

Vermicompost is the final product of composting organic material using different types of worms, such as red wigglers or earthworms, to create a homogenized blend of decomposed vegetable and food waste, bedding materials and manure. Vermicompost helps store nutrients and keeps them safe from leaching and irrigation, functioning to balance hormones within plant physiology, and adding beneficial biology to soil (Raja Sekar & Karmegan, 2010).

Mycorrhiza arbuscular fungi are other coexist microorganisms that improves soil fertility, nutrients cycling and agroecosystem health. Mycorrhizal fungi are the most abundant organisms in agricultural soils. Many researchers have pointed to the positive roles of mycorrhizal fungi on plants growth characteristics.

Despite of many researches on the effect of organic and biological fertilizers on different crops, information on the effects of these fertilizers for many medicinal plants is scarce, therefore, in this study the effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a low input cropping system was investigated.

Materials and methods

In order to evaluate the effects of simultaneous application of mycorrhiza and organic fertilizers on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (*Sesamum indicum* L.), an experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Farm, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season 2009-2010 growing season. Treatments were mycorrhiza (*Glomus mosseae*), mycorrhiza+compost, mycorrhiza+vermicompost, mycorrhiza+organic sulfural geranole, compost, vermicompost, Organic sulfural geranole and control (no fertilizer). Finally, data analysis was done using SAS 9.1 and means were compared by duncan's multiple range test at 5% level of probability.

Results and discussion

The results showed that the effect of different organic and biological fertilizers were significant on seed yield. Seed yield significantly increased by using mycorrhiza in both condition of single and mixed with organic

1, 2 and 3- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor of University of Gonabad and Faculty Member of Research Center of Medicinal Plants, Shahed University, Tehran and PhD student in Crop Ecology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*-Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)

sulfural geranole and vermicompost compared to control treatment. Biological yield, in simultaneous application of vermicompost and organic sulfural geranole with mycorrhiza increased significantly compared to separate use of these fertilizers. All study organic fertilizers with mycorrhiza had significant effect on increasing oil content of sesame. Seed oil increased in simultaneous application of mycorrhiza and each of compost, vermicompost and organic sulfural geranole compared to separate application of mycorrhiza 12, 13 and 10 percentages, respectively.

It seems that mycorrhiza and organic fertilizers improved quantitative and qualitative characteristics of sesame due to provide better conditions to absorption and transportation of nutrient to the plant (Hawkes et al., 2008).

Conclusion

In general, the results showed that the simultaneous use of ecological inputs can improve quantitative and qualitative characteristics of plant, moreover, decreased environment risks of chemical inputs and ensure sustainability of production in long time by this approach.

Acknowledgments

We wish to thank Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran for the financial support of the project.

Keywords: Ecological inputs, *Glomus mosseae*, Health of food, Medicinal crops

References

- Hawkes, C.V., Hartley, I.P., Ineson, P., and Fitter, A.H. 2008. Soil temperature affects carbon allocation within arbuscular mycorrhizal networks and carbon transport from plant to fungus. *Global Change Biology* 14: 1181-1190.
- Motta, S.R., and Maggiore, T. 2013. Evaluation of nitrogen management in maize cultivation grown on soil amended with sewage sludge and urea. *European Journal of Agronomy* 45: 59-67.
- Raja Sekar, K., and Karmegan, N. 2010. Earthworm casts as an alternate carrier material for biofertilizers: Assessment of endurance and viability of *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum*. *Scientia Horticulturae* 124: 286-289.

اسامی ارزیابان جلد 7 شماره 4 (زمستان 1394) نشریه بوم شناسی کشاورزی

دکتر امیر آینه بند	دانشگاه شهید چمران اهواز
دکتر قربانعلی اسدی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر حجت امامی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر لیلا تبریزی	دانشگاه تهران
دکتر محسن جهان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سعید خاوری خراسانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مجید رستمی	دانشگاه ملایر
دکتر سارا سنجانی	موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
دکتر آسیه سیاهمرگویی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر حسین صادقی نامقی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر رضا صدرآبادی حقیقی	دانشگاه آزاد اسلامی مشهد
دکتر الهام عزیزی	دانشگاه پیام نور
دکتر حمیدرضا فلاحتی	دانشگاه بیرجند
دکتر مرتضی گلدانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمد گلوی	دانشگاه زابل
دکتر امیر لکزیان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر عبداله ملافیلابی	پژوهشکده علوم و صنایع غذایی
دکتر فرزاد مندنی	دانشگاه رازی کرمانشاه

Contents

Effects of humic acid application and mother corm weight on yield and growth of saffron (<i>Crocus sativus</i> L.)	425
A. Koocheki, H.R. Fallahi, M.B. Amiri and H.R. Ehyaei	
Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) and barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) (Case study: Birjand plain)	443
M. Rahmani, M. Jami Al-Ahmadi, A. Shahidi and M. Hadizadeh Azghandi	
Species diversity of phytoseiid mites on different ecosystems in Sari district	461
J. Omid, A. Hadizadeh and M. Mohammadi Sharif	
Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (<i>Zea mays</i> L.) and peanut (<i>Arachis hypogaea</i> L.) intercropping by competition indices	473
M. Rajaii, M. Dahmardeh, I. Khammari and S.M. Mousavi Nik	
Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (<i>Glycine max</i> L.) and millet (<i>Panicum miliaceum</i> L.)	485
G. Ahmadvand and S. Hajinia	
Effect of different fertilizer resources on yield and yield components of grain maize (<i>Zea mays</i> L.) influenced by tillage managements	499
A. Ghasemi, A. Ghanbari, B.A. Fakheri and H.R. Fanaie	
Evaluation of superabsorbent efficiency in response to dehydration frequencies, salinity and temperature and its effect on yield and quality of cotton under deficit irrigation	513
H.R. Fallahi, M. Aghhavani Shajari, R. Taherpour Kalantari and M.G. Soltanzadeh	
Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index	528
R. Deihimfard, H. Eyni Nargeseh and M. Haghighat	
Determination of yield and yield components response of soybean (<i>Glycine max</i> L.) to swing date, temperature and sunshine hours	547
F. Aghayari, A. Faraji and A. Kordkatooli	
Effect of simultaneous application of mycorrhiza with compost, vermicompost and sulfural geranole on some quantitative and qualitative characteristics of sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) in a low input cropping system	563
P. Rezvani Moghaddam, M.B. Amiri and H.R. Ehyaei	