

نشریه علمی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)



شماره ۲

جلد ۱۳

Vol. 13

No. 2

تابستان ۱۴۰۰

Summer 2021

Journal of Agroecology (Quarterly)

ISSN: 2008-7713

۲۰۰۸-۷۷۱۳:شاپا

(شماره پیاپی ۴۸)

عنوان مقالات

- پاسخ گونه مر تئی اسپرس کبه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) نسبت به برخی گرا دیان های محیطی در رویشگاه های طبیعی استان خراسان رضوی ۱۷۹
محید دشتی، حمید رضا میر داودی، سید فاضل فاضلی کاخکی و نرجس عزیزی
- تحلیل شاخص های اقتصادی و انرژی در روش های مختلف خاک ورزی حفاظتی در کشت گندم (مطالعه موردی: کشت و صنعت دشت ناز ساری) ۱۹۵
محمد شریفی، شمس سودمند مقدم، مهدی ایزدی و روزبه عباس زاده
- بر آورد پیامدهای زیست محیطی بوم نظام های زراعی استان خراسان تحت مدیریت رایج ۲۱۱
علیرضا کوچکی، سرور خرم دل و لیلا جعفری
- بررسی آنالیزهای رشدی سه گونه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در ترکیب های مختلف کشت مخلوط ۲۳۷
فاطمه نجر، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی
- اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژی و عملکردی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت تنش خشکی در خاک شور ۲۵۱
مهدی امیریوسفی، محمود رضا تدین و رحیم ابراهیمی
- ارزیابی پتانسیل تولید، کارایی استفاده از منابع و سودمندی اکولوژیکی - اقتصادی در کشت مخلوط لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط همزیستی با میکوریزا ۲۷۱
جواد حمزه ای و سیده فاطمه حبیبی
- ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تیاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم اوزن ۲۹۱
سمیه بدخشانی، مهدیه امیری نژاد، عنایت الله توحیدی نژاد و بهار، پارسا مطلق
- مدل سازی تأثیر کشت نشایی بر عملکرد و مصرف آب ذرت در شرایط محیطی گرگان ۳۰۷
شیوا طاهری، افشین سلطانی، بهنام کاسکار، محمد ناظری و احسان شاکری
- بر آورد ظرفیت افزایش تولید جو آبی در ایران از طریق حذف خلأ عملکرد بر اساس روش گیگا ۳۳۵
امید السی، ابراهیم زینلی، افشین سلطانی و بنیامین ترابی
- اثر سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده های خاک بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia royleana* Benth.) در شرایط آب و هوایی تربت جام ۳۴۵
هدا جهانگیری، عبدالله ملا فیلابی و هاشم حبیبی

Contents

- Kopetdaghi Sainfoin (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) as a Rangeland Plant Response to some Environmental Gradients in Nature Habitats of Khorasan Razavi Province 193
M. Dashti, H. Mirdavoudi, S.F. Fazeli Kakhki and N. Azizi
- Analysis of Economic and Energy Indicators in Different Methods of Protective Tillage in Wheat Cultivar (Case Study: Dasht-e Naz Sari Agro-Industrial Company) 209
M. Sharifi, S. Soodmand-Moghaddam, M. Izadi and R. Abbaszadeh
- Evaluation of Environmental Consequences of Conventional Management for Agroecosystems in Khorasan Province 234
A. Koocheki, S. Khorramdel and L. Jafari
- Assessment of the Growth Indices of Intercropped Fennel (*Foeniculum vulgare*), Sesame (*Sesamum indicum*) and Bean (*Phaseolus vulgaris*) 249
F. Ranjbar, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati
- The Effect of Chemical and Biological Fertilizers on some Physiological and Yield Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Drought Stress in Saline Soil 269
M. Amiryousefi, M. Tadayon and R. Ebrahimi
- Evaluation of Production Potential, Resources Use Efficiency, and Economical-Ecological Benefits of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropped with Pepo (*Cucurbita pepo* L.) using Mycorrhiza 289
J. Hamzei and S.F. Hosseini
- Evaluation of Yield and Quality Forage in Intercropping Tepary Bean (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) and Millet Cultivars 304
S. Badakhshan, M. Amiri-Nejad, E. Tohidi-Nejad and B. Parsa Motlagh
- Modelling the Effect of Seedling Culture on Yield and Water Use of Maize under Gorgan Environmental Conditions 323
S. Taheri, A. Soltani, B. Kamkar, M. Nazeri and E. Shakeri
- Estimating the Potential Increase of Irrigated Barley Production over Iran via Closure of Yield Gap Based on GYGA Protocol 343
O. Alasti, E. Zeinali, A. Soltani and B. Torabi
- The Effects of Irrigation Levels and Soil Fertilizers on Yield Components and Quantitative and Quality Yield of Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) under Torbat-e Jam Climatic Conditions 360
H. Jahangiri, A. Mollafilabi and H. Hosseini

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه ۸۹/۲۲۵۱۵ مورخه ۸۹/۹/۲۸ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی

درجه علمی پژوهشی شماره ۸۹/۳/۱۱/۵۲۴۷۹ مورخه ۸۹/۹/۸ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

بر اساس مصوبه وزارت عتف از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

جلد ۱۳ شماره ۲ تابستان ۱۴۰۰

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 هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا)

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

دکتر محمد پسرکلی، استاد پژوهشی، دانشکده علوم گیاهی، دانشگاه آریزونا

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

دکتر عادل دباغ محمدینسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر مهدی راستگو، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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 حمید شاهنده، پژوهشگر علوم خاک، گروه علوم خاک و گیاهان زراعی، دانشگاه تگزاس A & M

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، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

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

پستی: ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴

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

- ۱۷۹ پاسخ گونه مرتعی اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) نسبت به برخی گرادیان‌های محیطی در رویشگاه‌های طبیعی استان خراسان رضوی
مجید دشتی، حمید رضا میر داودی، سید فاضل فاضلی کاخکی و نرجس عزیزی
- ۱۹۵ تحلیل شاخص‌های اقتصادی و انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در کشت گندم (مطالعه موردی: کشت و صنعت دشت ناز ساری)
محمد شریفی، شمسی سودمندمقدم، مهدی ایزدی و روزبه عباس‌زاده
- ۲۱۱ برآورد پیامدهای زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان تحت مدیریت رایج
علیرضا کوچکی، سرور خرم دل و لیلا جعفری
- ۲۳۷ بررسی آنالیزهای رشدی سه گونه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط
فاطمه رنجبر، علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی
- ۲۵۱ اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژی و عملکردی گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت تنش خشکی در خاک شور
مهدی امیریوسفی، محمودرضا تدین و رحیم ابراهیمی
- ۲۷۱ ارزیابی پتانسیل تولید، کارایی استفاده از منابع و سودمندی اکولوژیکی - اقتصادی در کشت مخلوط لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*) و کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط همزیستی با میکوریزا
جواد حمزه‌ئی و سیده فاطمه حسینی
- ۲۹۱ ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن
سمیه بدخشانی، مهدیه امیری‌نژاد، عنایت‌الله توحیدی‌نژاد و بهاره پارسامطلق
- ۳۰۷ مدل‌سازی تأثیر کشت نشایی بر عملکرد و مصرف آب ذرت در شرایط محیطی گرگان
شیوا طاهری، افشین سلطانی، بهنام کامکار، محمد ناظری و احسان شاکری
- ۳۲۵ برآورد ظرفیت افزایش تولید جو آبی در ایران از طریق حذف خلأ عملکرد بر اساس روش گیگا
امید الستی، ابراهیم زینلی، افشین سلطانی و بنیامین ترابی
- ۳۴۵ اثر سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری
(*Lallemantia royleana* Benth.) در شرایط آب‌وهوایی تربت جام
هدا جهانگیری، عبدالله ملافیلابی و هاشم حسینی

اسامی ارزیابان جلد ۱۳ شماره ۲ (تابستان ۱۴۰۰) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر محمد آرمین	دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار
دکتر سارا اسدی	دانش آموخته دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر احمد بالندری	پژوهشکده علوم و صنایع غذایی خراسان رضوی
دکتر امیر بهزاد بذرگر	دانشگاه پیام نور نیشابور
دکتر رضا برادران	دانشگاه آزاد اسلامی بیرجند
دکتر محمد بنایان اول	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر بهاره پارسا مطلق	دانشگاه جیرفت
دکتر لیلی تبریزی	دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی پردیس کرج،
دکتر لیلا جعفری	دانشگاه تهران
دکتر سمیه حاجی نیا	دانشگاه هرمزگان
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه ایلام
دکتر سارا سنجانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر حسن فیضی	موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
دکتر بختیار الله گانی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر محمدتقی ناصری پوریزدی	دانشگاه پیام نور
دکتر سمانه نجیب نیا	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی نصیری محلاتی	آموزش و پرورش واحد خراسان رضوی
دکتر رامین نظریان	دانشگاه فردوسی مشهد
	دانشگاه هرات، افغانستان

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 چندمنظوره مورد نظر است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی قابل حصول و قابل توجیه باشد.

گرچه چنین نگرشی از سابقه بسیار طولانی در تمدن تولید مواد غذایی ایران برخوردار است ولی در قالب نوین آن در کشور ما کمتر از دو دهه است که مطرح شده است. خوشبختانه هم‌اکنون زیرساخت‌های ضروری برای تحکیم بخشیدن به چنین نگرشی کاملاً فراهم است و در دانشکده‌های کشاورزی کشور 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 خاک ورزی 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 بصورت همراه با محصولات زراعی
- عملیات زراعی در جهت بهبود تنوع زیستی
- بوم‌شناسی کشاورزی و دانش بومی
- تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناختی و اقتصاد اکولوژیک

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از 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 ۱ بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم میترا اندازه ۱۲ تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم‌افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی میترا (B Mitra) و اندازه ۱۲ با فاصله خط ۱ نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر ۲۰ صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر ۲۰ کلمه و با قلم بی میترا (B Mitra) اندازه ۱۴ نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین ۷۰۰-۶۰۰ واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title

2. Introduction

3. Materials and Methods

4. Results and Discussion

5. Conclusion

6. Acknowledgements

7. Keywords

- همچنین بین قسمتهای چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که ۳۰٪ مربوط به مقدمه، ۲۰٪ مواد و روش‌ها و ۵۰٪ مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه‌گیری کلی نوشته شود.
- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007).

برای جداسازی منابع در انتهای جمله از "؛" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).

- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: (Smith (1999, Smith & Samuel (2009) و Samuel et al. (2008).

- **جداول و شکل‌ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌های جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملاً انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.

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

فهرست منابع:

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

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

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

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

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

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

۲- کتاب تالیف شده:

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

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

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

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

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

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

۷- رساله‌های تحصیلی:

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

۸- 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.

۹- گزارش‌های علمی:

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

۱۰- 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: ۹۱۷۷۵-۱۱۶۳

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴ نمابر: ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰ 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.



مقاله علمی - پژوهشی

پاسخ گونه مرتعی اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) نسبت به برخی گرادیان‌های محیطی در رویشگاه‌های طبیعی استان خراسان رضوی

مجید دشتی^{۱*}، حمید رضا میر داودی^۲، سید فاضل فاضلی کاخکی^۱ و نرجس عزیزی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۳

دشتی، م.، میر داودی، ح.، فاضلی کاخکی، س.ف.، عزیزی، ن.، ۱۴۰۰. پاسخ گونه مرتعی اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) نسبت به برخی گرادیان‌های محیطی در رویشگاه‌های طبیعی استان خراسان رضوی. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۱۹۴-۱۷۹.

چکیده

معرفی گونه‌های گیاهی مناسب و مطالعه رفتار آن‌ها نسبت به عوامل اکولوژیکی، راهنمای مؤثری در برنامه‌های مدیریتی در اراضی دیم با هدف تولید علوفه و پایداری تولید غلات و همچنین اصلاح و احیای مراتع تخریب شده است. با توجه به تولید علوفه مناسب و اندمیک بودن گونه اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.)، پاسخ این گونه به برخی از متغیرهای خاک و توپوگرافی، در رویشگاه‌های غالب گیاه در ارتفاعات شمالی رشته کوه‌های بینالود (کلاته آهن) و هزار مسجد (مریچگان) استان خراسان رضوی با استفاده از مدل جمعی تعمیم‌یافته (Generalized Additive Models؛ GAM) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان دادند که الگوی پاسخ این گونه در امتداد شیب درصد لاشبرگ سطح خاک و آهک خاک، از مدل افزایشی (Monotonic increase)، پیروی کرده، لذا با افزایش مقادیر این عوامل، فراوانی و درصد پوشش گیاهی آن نیز بیشتر می‌شود. برعکس، پاسخ این گونه در امتداد شیب درصد سنگ و سنگریزه سطح خاک، از مدل کاهشی (Monotonic decrease) و در امتداد شیب درصد شن، درصد عصاره اشباع و اسیدیته خاک، از مدل زنگوله‌ای (Unimodal) و در پاسخ به درصد سیلت و کربن آلی خاک از مدل دو نمایی (Bimodal) پیروی کرد. نتایج همچنین نشان دادند که میانگین تولید علوفه خشک این گونه در رویشگاه‌های مورد مطالعه برابر ۳۸/۵ گرم در بوته بود. این گونه عمدتاً در خاک‌های لومی شنی تا لومی سیلتی پراکنش دارد. حد بهینه رشد آن برای درصد شن، درصد عصاره اشباع به ترتیب ۵۰، ۳۵ و برای اسیدیته خاک، ۷/۸ است. رابطه بین تراکم گونه با ارتفاع از سطح دریا تا حدی افزایشی است، اما پس از آن با افزایش ارتفاع به بیش از ۱۷۰۰ متر روند نزولی دنبال می‌کند. با توجه به نتایج فوق، کشت این گیاه به عنوان یک علوفه خوش‌خوراک در دیم‌زارهای کم‌بازده با میزان بارندگی بالاتر از ۲۰۰ میلی‌متر توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: توپوگرافی، رسته‌بندی، مدل جمعی تعمیم‌یافته، منحنی پاسخ گونه

مقدمه

اختصاص می‌دهد (Ahmadi et al., 2019). متأسفانه سطح قابل توجهی از مراتع کشور در اثر عوامل مختلف از جمله بهره‌برداری‌های بی‌رویه، تغییرات اقلیمی و دیگر عوامل، تخریب یافته و برخی از این اراضی به کشت غلات دیم تغییر کاربری یافته، اما به دلیل اقتصادی نبودن تولید این محصولات، در نهایت رها شده‌اند. در چنین شرایطی

سطح زیر کشت اراضی دیم کشور ۵،۱۸۴،۰۱۷ هکتار می‌باشد که تقریباً ۴۷ درصد از مجموع سطح زیر کشت محصولات زراعی را تشکیل می‌دهد. استان خراسان رضوی با ۸۳۲۵۰ هکتار، سهمی معادل ۶/۱ درصد از اراضی دیم محصولات زراعی کشور را به خود

۱- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
۲- استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اراک، ایران.

(Email: m.dashti@areeo.ac.ir) (* نویسنده مسئول)
DOI: 10.22067/agry.2021.20315.0

tomentellus داشته، درحالی‌که این متغیر بر حضور گونه *A. millefolium* L. اثر معکوس داشت (Heydari et al., 2017). در مطالعه دیگر با استفاده از مدل فوق، پاسخ گونه‌های گیاهی شاخص به عوامل محیطی، در رویشگاه‌های درمنه دشتی در استان مرکزی، بررسی و رشد مطلوب این گونه در ارتباط با عوامل اکولوژیک مورد مطالعه، مشخص شد (Faraji, 2014).

گیاه اسپرس کپه داغی (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) از گونه‌های مهم مرتعی است که در اکوسیستم‌های مرتعی استان‌های خراسان شمالی، رضوی و گلستان رویش دارند. از جمله گونه‌های علفی چند ساله مرغوب مرتعی است که عمدتاً به صورت گونه همراه در ترکیب با تیپ‌های مراتع ییلاقی در شمال شرقی کشور دیده می‌شود. علوفه این گیاه با کیفیت و خوش‌خوراک بوده و در تمام مراحل رویشی و زایشی مورد چرا قرار می‌گیرد (Rechinger, 1984). نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی این گیاه نشان داد که میزان پروتئین خام در مرحله رشد رویشی، گل‌دهی و رسیدن بذر به ترتیب برابر با ۲۷/۷، ۲۰/۶۷ و ۱۳/۰۶ درصد و ارزش رجبانی آن برای گوسفند و بز حدود ۷۵٪ بوده که برای تغذیه دام قابل ملاحظه می‌باشد (Abarsaji et al., 2007). بهره‌برداری غیر اصولی و مفرط از این گونه مرتعی موجب کاهش تراکم این گونه در عرصه‌های غیر حفاظتی گردیده و جزء گونه‌های در معرض خطر قرار گرفته است. با توجه به سیاست‌های وزارت جهاد کشاورزی در توسعه علوفه دیم، کشت گیاهان علوفه‌ای تیره بقولات در تناوب زراعت دیم غلات، و اهمیت این گونه در تولید علوفه دیم، ضرورت شناخت ویژگی‌های آن با هدف بالا بردن ضریب موفقیت استفاده از این گونه در شرایط اکولوژیک مشابه از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا این تحقیق با هدف بررسی پاسخ این گونه به تغییرات عوامل محیطی در رویشگاه‌های طبیعی این گونه در استان خراسان رضوی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی برخی از نیازهای اکولوژیک گونه اسپرس کپه داغی، پاسخ گونه به شیب تغییرات محیطی در رویشگاه طبیعی آن در ارتفاعات شمالی بینالود مشرف به روستای کلاته آهن و ارتفاعات هزار مسجد مشرف به روستای مریچگان به سمت گرو به ترتیب در فواصل

با توجه به نیاز کشور به پروتئین، لزوم توجه به کشت و معرفی گیاهان علوفه‌ای مناسب (به خصوص تیره بقولات) و نیز نقش تناوب آن‌ها در زراعت دیم بیش از پیش آشکار می‌شود. چرای بی‌رویه و خارج از فصل در مناطق مختلف و عدم تناسب تعداد دام با ظرفیت تولید علوفه در مراتع کشور موجب تقلیل جامعه‌ی گیاهان خوش‌خوراک یک منطقه و کاهش قدرت تأمین غذای دام‌های کشور شده است (Heidari Sharifabad & Torknejad, 2010; Dashti et al., 2020). در مناطق خشک و نیمه‌خشک عوامل محیطی نقش قابل ملاحظه‌ای در پراکنش گیاهان دارند (Gholinejad et al., 2020)، اما از آن‌جا که همه گونه‌ها از درجه یکسانی از تحمل در برابر تغییرات عوامل محیطی برخوردار نیستند (Odum, 1971)، ضروری است برای معرفی گونه‌های مناسب جهت کاشت در برنامه‌های مدیریتی، به بررسی عکس‌العمل گونه‌ها در برابر عوامل محیطی پرداخته شود.

روش‌های مختلفی برای بررسی ارتباط بین پراکندگی گونه‌های گیاهی در سطح فرد، با عوامل محیطی و پایداری در رقابت با سایر گونه‌های دیگر در یک رویشگاه معرفی شده‌اند (Bakkenes, 2002; Marvi Mohajer & Sefidi, 2012; Guisan et al., 1999). از تکنیک‌های مهم در این خصوص، می‌توان به مدل‌های GLM^1 ، GAM^2 برای احتمال حضور گونه و CCA^3 ، $ANNs^4$ ، $ENFA^5$ و PCA^6 برای بررسی عوامل مؤثر در پراکنش گونه و پیش‌بینی مکانی رویشگاه مناسب برای استقرار گونه‌های هدف اشاره نمود (Robertson et al., 2003; Berg et al., 2004; Moisen, 2002). مدل جمعی تعمیم‌یافته (GAM) از جمله کاربردی‌ترین روش‌ها جهت تجزیه و تحلیل عکس‌العمل گونه‌های گیاهی در ارتباط با عوامل محیطی است (Austin et al., 2006; Kleyer et al., 2012). میرداودی (Mirdavoudi, 2013) پاسخ گونه‌های گیاهی شاخص به عوامل محیطی در بلوچستان‌های غرب را با استفاده از GAM مطالعه نمود و نشان داد که عکس‌العمل گونه‌های مهاجم، به شدت چرای دام و عوامل متأثر از آن، مثل وزن مخصوص خاک، یک پاسخ افزایشی است. بررسی گونه‌های *Achillea* و *Bromus tomentellus* Boiss. *millefolium* L. به تغییرات محیطی، با استفاده از GAM نیز نشان داد که میزان شن خاک، تأثیر مثبتی در توزیع گونه *B. Boiss.*

4- Artificial Neural Networks
5- Ecological Niche Factor Analysis
6- Principal Components Analysis

1- Generalized Linear Model
2- Generalized Additive Model
3- Canonical Correspondence Analysis

۱۴ کیلومتری غرب و ۸۰ کیلومتری شمال غرب م شهد مورد مطالعه قرارگرفت (جدول ۱ و شکل ۱).

جدول ۱- مشخصات محل پراکنش گونه *H. kopetdaghi* Boriss. در رویشگاه‌های معرف استان خراسان رضوی
Table 1- Specifications of *H. kopetdaghi* Boriss. distribution in the representative habitats of Khorasan Razavi province

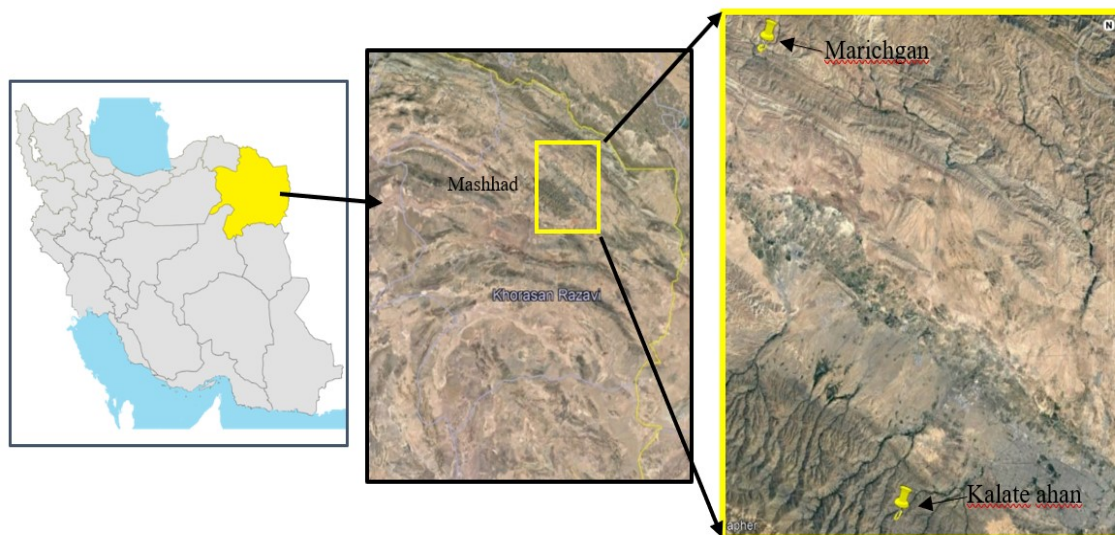
خصوصیات رویشگاه Habitat characteristics	کلاته آهن طرهبه (Torghabeh- Kalate Ahan)	ارتفاعات مریچگان Marichgan
عرض جغرافیایی Latitude	36° 16' 43" to 36° 17' 12"	36° 55' 33" to 36° 56' 00"
طول جغرافیایی Longitude	59° 16' 46" to 59° 17' 20"	59° 03' 48" to 59° 04' 38"
ناحیه رویشی Chorotype	ایرانی- تورانی Irano-Tourani	ایرانی- تورانی Irano-Tourani
اقلیم رویشی Ecological zone type	استپی و نیمه‌استپی Steppe and semi-steppe	استپی و نیمه‌استپی Steppe and semi-steppe
متوسط بارش سالانه Mean annual precipitation (mm)	253	235
متوسط دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد) Mean annual temperature °C	15.7	16.3
اقلیم Climate	نیمه‌خشک سرد Cold semi-dry	نیمه‌خشک سرد Cold semi-dry
دامنه ارتفاعی (متر) Altitude range (meters)	1670 - 1820	1560 - 1780
متوسط شیب غالب (درصد) Mean slope (%)	26	20
جهت جغرافیایی غالب Geographical aspects	شمال و شمال شرق North and Northeast	شمال و شمال شرق North and Northeast
تپ اراضی و واحد اراضی Land type and land unit	کوهستان، تپه Mountain, Hill	کوهستان، تپه Mountain, Hill
بافت خاک Soil texture	لومی شنی- لومی سیلنی Sandy loam- Ssilty loam	لومی شنی Sandy loam
تپ سازند و لیتولوژی Lithology	آهکی Calcareous	آهکی Calcareous

به هم در نظر گرفته شدند و روی هر یک از آن‌ها، شش پلات با فواصل یکسان مستقر و موقعیت جغرافیایی هر یک از پلات‌ها ثبت شد. به منظور رعایت اصل تصادفی بودن پراکنش پلات‌ها، نقطه شروع هر یک از ترانسکت‌ها، با توجه به خط پایه، یکسان در نظر گرفته نشد. طول ترانسکت‌ها به طور مساوی تقریباً یک کیلومتر و فاصله آن‌ها ۲۰۰ متر در نظر گرفته شد.

پس از استقرار شبکه نمونه‌برداری در هر یک از واحدهای اکولوژیکی، تعداد پایه‌ها و درصد پوشش تاجی هر یک از گونه‌های گیاهی داخل پلات‌ها و رشد سال جاری اسپرس کپه داغی اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری کلیه پارامترها در مرحله گل‌دهی صورت گرفت. تعداد

انتخاب محدوده مورد مطالعه، به نحوی در نظر گرفته شد که دامنه وسیعی از پراکنش و حضور گونه مورد پژوهش را در بر داشته باشد. حداقل و حداکثر دمای مطلق ایستگاه به ترتیب ۲۱/۰- و ۴۳/۸ درجه سانتی‌گراد، حداقل و حداکثر بارندگی به ترتیب ۲۲۵ تا ۲۷۰ میلی متر و اقلیم مناطق مورد مطالعه نیمه‌خشک سرد بود. به لحاظ سیمای ظاهری، رویشگاه‌های گونه مورد مطالعه عمدتاً کوهستانی بوده و حداقل و حداکثر ارتفاع به ترتیب برابر با ۱۵۶۰ تا ۱۸۲۰ متر از سطح دریا است. نمونه‌برداری از پوشش گیاهی به روش سیستماتیک- تصادفی (Arzani & Abedi, 2015) انجام شد. برای این منظور، بسته به شیب تغییرات محیطی، پنج ترانسکت با فاصله یکسان نسبت

پایه‌ها از طریق شمارش و پوشش‌تاجی آن‌ها از طریق برآورد نظری، تخمین زده شد.



شکل ۱- موقعیت رویشگاه‌های مورد مطالعه در ایران و استان خراسان رضوی
Fig. 1- Location of the studied habitats in the Iran and Khorasan Razavi province

تبدیل هموار توسط هموارسازی به‌روش اسپلین درجه سوم^۳ با درجه آزادی سه یا کمتر از سه برازش شد (Leps & Smilauer, 2003; Traore et al., 2012; AIC). به‌منظور رتبه‌بندی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه‌ها، معیار اطلاعاتی آکائیک^۴، به‌کار گرفته شد. این معیار برای سنجش نیکویی برازش است. این معیار، با برقرار کردن تعادل میان دقت مدل و پیچیدگی آن، به انتخاب بهترین مدل آماری و معرفی متغیرهای اثرگذار بر عملکرد گونه، کمک می‌کند (Akaike, 1974). هرچه مقدار AIC کوچک‌تر باشد، در نتیجه، متغیر مورد نظر دارای اثرگذاری بیشتر بر عملکرد گونه (درصد پوشش‌تاجی، تولید، ارتفاع) دارد یا اینکه مدل ارائه شده، مناسب‌ترین مدل در برازش منحنی عکس‌العمل گونه می‌باشد. معیار درصد پوشش گیاهی، برای بررسی روابط گونه و محیط، مورد استفاده قرار گرفت و دامنه بوم‌شناختی در تابع پاسخ گوسی از "مقدار بهینه $\pm$ بردباری"، محاسبه گردید (Ardakani, 2009). جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Canoco نسخه ۴/۵ (Ter Braak & Smilauer, 2002) استفاده شد.

مقدار تولید سال جاری گیاه از طریق قطع و توزین اندازه‌گیری گردید. علاوه بر این در هر پلات، درصد پوشش‌تاجی کل، درصد سنگ و سنگریزه، درصد خاک لخت و درصد لاشبرگ نیز محاسبه گردید. به‌منظور بررسی اثر عوامل محیطی بر پراکنش گونه مورد پژوهش، از هر یک از پلات‌ها، یک نمونه مرکب خاک تا عمق ریشه‌دهی گیاه برداشت گردید و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها شامل بافت خاک، اسیدیته، درصد آهک، کربن آلی و درصد رطوبت اشباع خاک اندازه‌گیری شد (Aliyahiaei & Behbahanizad, 1993). به‌منظور بررسی فعالیت‌های حیاتی گیاه (فنولوژی)، تقویم رشد گیاه در مراحل مختلف رویشی، گل‌دهی، رسیدگی و ریزش بذر، خشک شدن گیاه و مرحله رکود و خواب زمستانه ثبت گردید و دیاگرام فنولوژیکی گیاه در انطباق با منحنی آمبروترمیک، ترسیم شد. برای پیش‌بینی پاسخ گونه-های گیاهی به تغییرات عوامل محیطی از مدل افزایشی-تعمیم‌یافته (GAM) استفاده شد (Traore et al., 2012; Godefroid & Koedam, 2004). آنالیز تابع اتصال لگاریتمی^۱ و توزیع خطا پواسون^۲ برای برازش مدل افزایشی-تعمیم‌یافته مورد استفاده قرار گرفت. توابع

3- Cubic spline smoother
4- Akaike Information Criterion; AIC

1- Log link function
2- Poisson error distribution

نتایج و بحث

نتایج نشان دادند که این گونه در رویشگاه‌های مورد مطالعه تشکیل تیپ غالب نداده و به‌عنوان گونه همراه مشاهده می‌گردد. گونه-های *Serratula*, *Artemisia sieberi* Bess., *Poa bulbosa* L. و *Artemisia diffusa* Krasch. ex Poljak. و *latifolia* Bioss. به‌عنوان تیپ‌های گیاهی مهم در رویشگاه‌های این گونه حضور داشتند. در تأیید نتیجه فوق ابرسجی و همکاران (2007, Abarsaji) نیز گزارش کردند گونه فوق در مراتع استان گلستان به‌علت شرایط توپوگرافی و اقلیمی خاص، تشکیل تیپ نداده و به‌صورت لکه ای ظاهر می‌شود. میانگین ویژگی‌های پوشش سطح خاک و همچنین برخی از خصوصیات گونه *H. kopetdaghi* Boriss. در منطقه مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری زیست‌توده گیاه با میانگین ۳۸/۵ گرم در بوته و حدود ۴/۴ گرم ماده خشک در مترمربع بیانگر پایین بودن تراکم گیاه در رویشگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۲). به نظر می‌رسد علت پراکنده بودن آن در رویشگاه‌ها و عدم انتشار یکنواخت این گونه، ورود غیر اصولی دام به رویشگاه‌های آن در گذشته بوده که در اثر خوش‌خوراکی زیاد و چرای سنگین از بین رفته و تنها در نقاطی که شرایط مناسب بوده و یا از دسترس دام دور مانده است به‌صورت لکه‌ای بقای خود را حفظ نموده است. نتایج حاصل از بازدیدهای صحرایی نیز نشان داد که این گونه در معرض چرای سنگین می‌باشد که این امر ممکن است سبب آسیب رساندن به گیاه و در معرض خطر قرار گرفتن آن شود (2007, Abarsaji). متوسط درصد پوشش گیاهی برخی از گونه‌های مهم (غالب) در رویشگاه‌های مورد مطالعه، در شکل ۲ ارائه شده است.

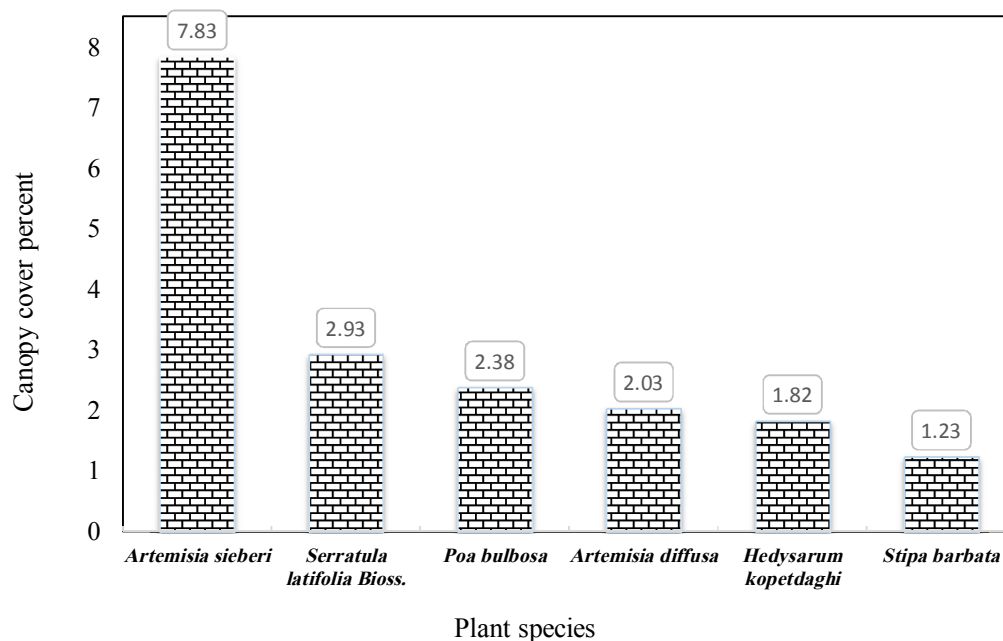
خصوصیات رویشگاهی مناطق مورد مطالعه

رویشگاه گونه مورد مطالعه در شیب‌های شمالی و شمال شرقی رشته کوه‌های بینالود و هزار مسجد با ارتفاع متوسط ۱۷۰۰ متر از سطح دریا است. مناطق فوق عمدتاً کوهستانی بوده و از سازندهای آهکی (بعضاً مارنی) با خاک نسبتاً کم عمق و بیرون زدگی سنگی بالا و مجموعه سنگ‌های آذرین و دگرگونی تشکیل شده‌اند. اقلیم منطقه در روش آمبروزه و دومارتن، نیمه‌خشک سرد، متوسط بارندگی سالانه ۲۴۵ میلی‌متر و دارای حداقل دمای ۱۷- درجه سانتی‌گراد و حداکثر دمای ۲۷/۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. نتایج حاصل از میانگین عوامل محیطی مورد بررسی و نیز تعیین حدود خصوصیات اکولوژیکی مورد مطالعه (پایین‌ترین و بالاترین مقدار عامل اکولوژیک) در رویشگاه‌های *H. kopetdaghi* در جدول ۳ آورده شده است. بر این اساس مقادیر متغیرهای اسیدیته خاک معادل ۷/۷ تا ۸/۰، آهک ۱/۴-۴۸/۸ در صد، کربن آلی خاک ۰/۴-۱/۰ درصد، رطوبت اشباع خاک ۱۲/۹-۳۵/۱ درصد می‌باشد. بافت خاک لومی شنی تا لومی سیلتی و درصد بیرون‌زدگی سنگی ۲۵-۰ درصد است.

نتایج بررسی همبستگی بین درصد پوشش گیاهی گونه *H. kopetdaghi* و عوامل اکولوژیک مورد مطالعه، نشان داد که پراکنش این گونه با عواملی مانند درصد آهک و درصد لاشبرگ سطح خاک، همبستگی مثبت و معنی‌دار و با درصد رس خاک و درصد سنگ و سنگریزه سطح خاک همبستگی منفی دارد (جدول ۴). نتایج فوق با یافته‌های دشتی و همکاران (2021, Dashti et al.) در گیاه *Onobrychis chorassanica* Bunge. موافقت دارد.

جدول ۲- میانگین $\pm$ خطای استاندارد ویژگی‌های گونه *H. kopetdaghi* Boriss. و پوشش سطح خاک در رویشگاه‌های مورد مطالعهTable 2- Mean and SE of soil surface properties and *H. kopetdaghi* Boriss. characteristics of studied habitats

رویشگاه Habitats	پوشش تاجی کل Total canopy cover (%)	درصد لاشبرگ Litter (%)	خاک لخت Bare soil %	سنگ و سنگریزه Rock and gravel (%)	<i>H. kopetdaghi</i>		
					پوشش تاجی Canopy cover (%)	تعداد پایه‌ها No. stands. m ²	زیست‌توده خشک Biomass (g.m ²)
کلاته آهن Kalate Ahan	28.2 $\pm$ 12.9	41.9 $\pm$ 8.2	13.8 $\pm$ 6.4	16.2 $\pm$ 12.0	1.82 $\pm$ 1.5	0.21 $\pm$ 0.02	6.64 $\pm$ 6.3
مریچگان Marich gan	34.7 $\pm$ 18.0	38.3 $\pm$ 3.0	16.8 $\pm$ 6.4	10.2 $\pm$ 6.0	0.5 $\pm$ 0.2	0.05 $\pm$ 0.01	2.14 $\pm$ 1.1



شکل ۲- درصد پوشش گیاهی گونه‌های مهم در رویشگاه‌های مورد مطالعه
Fig. 2- Mean canopy cover percentage for major species in habitats

جدول ۳- حداقل، حداکثر و میانگین (± خطای استاندارد) مقادیر عوامل محیطی مؤثر بر پراکنش گونه *H. kopetdaghi* Boriss.
Table 3- Minimum, maximum and mean (±SE) amounts of environmental factors affecting the *H. kopetdaghi* distribution

عوامل محیطی Environment factors	حداکثر Max.	پایین‌ترین Min.	میانگین ± خطای استاندارد Mean±SE	عوامل محیطی Environment factors	حداکثر Max.	پایین‌ترین Min.	میانگین ± انحراف استاندارد Mean±SE
درصد کربن آلی خاک Soil O.C. %	1.0	0.4	0.66 ± 0.19	درصد شن (Sand %)	62	38	51.5 ± 7.4
ارتفاع از سطح دریا Altitude (m. ASL)	1820	1560	1757 ± 15	درصد سیلت (Silt %)	42	26	33.3 ± 5.1
درصد شیب زمین (Slope %)	35	14	26 ± 6	درصد رس (Clay %)	26	8	15.2 ± 4.7
درصد خاک لخت (Bare soil %)	50	0	10 ± 7	اسیدیته خاک (pH)	8.0	7.7	7.9 ± 0.1
درصد سنگ و سنگریزه (Rock and gravel %)	41	1	16 ± 8	درصد آهک (TNV %)	48.8	1.4	16.5 ± 15.1
درصد لاشبرگ (Litter %)	68	10	42 ± 13	درصد رطوبت اشیاع خاک (SP %)	35.1	12.9	26.1 ± 8.5
بارندگی سالیانه Annual precipitation (mm)	270	225	250 ± 20	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	0.4	0.8	0.6 ± 0.2

جدول ۴- همبستگی معنی‌دار بین خصوصیات فیزیکی خاک با درصد پوشش گیاهی گونه *H. kopetdaghi*
Table 4- Correlation coefficient between soil physical characteristics and canopy cover percent of *H. kopetdaghi* Boriss.

عوامل محیطی (درصد) Environment factors (%)	سطح معنی‌داری Significant area	ضریب همبستگی Correlation coefficient
آهک TNV	0.000	0.866
لاشبرگ Litter	0.000	0.845
رس Clay	0.032	-0.618
سنگ و سنگریزه Rock and gravel	0.031	-0.621

منحنی پاسخ گونه *H. kopetdaghi* به عوامل محیطی

نتایج به‌کارگیری مدل جمعی تعمیم‌یافته با توزیع خطای پواسون، نشان دادند که از ۱۳ متغیر محیطی مورد مطالعه، نه متغیر بر درصد پوشش *H. kopetdaghi* معنی‌دار بودند (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج برازش مدل جمعی تعمیم‌یافته هر یک از متغیرهای معنی‌دار بر درصد پوشش

متغیر محیطی Environment variables	P	F	معیار اطلاعاتی آکائیک Akaike information criterion
درصد شن Sand	0.00004**	14.1	156.4
درصد سیلت Silt %	0.00001**	16.5	144.7
اسیدیته pH	0.00528**	5.7	255.4
درصد آهک TNV %	0.00001**	55.2	57.8
درصد کربن آلی خاک Soil O.C. %	0.0039**	6.1	247.3
درصد عصاره اشباع خاک SP %	0.00001**	46.4	59.9
درصد شیب Slop %	0.00421**	6.1	246.5
درصد لاشبرگ Litter %	0.00001**	23.0	122.3
درصد سنگ و سنگریزه Rock and gravel %	0.00288**	6.6	242.4

F آماره آزمون محاسبه شده برای معنی‌داری برازش مدل، P مقدار سطح احتمال به‌دست آمده از آزمون برازش مدل
F Test calculated for model fit significance; P Value level of probability obtained from model fit test
** معنی‌دار در سطح آماری ۰/۰۱
** is significant in 1% probability level

Table 5- The results of fitting GAM of each of the significant variables to *H. kopetdaghi* Boriss.

نتایج همچنین نشان داد که اسپرس کپه داغی، بیشتر روی خاک‌های لومی شنی تا لومی سیلتی پراکنش دارد. به‌طوری‌که در مقادیر متوسط شن (حدود ۵۰ درصد) و سیلت خاک (حدود ۳۵ درصد)، بالاترین عملکرد را دارد. ابرسجی و همکاران (Abarsaji et al., 2007) نیز حضور این گونه را در خاک‌های لیتوسل آهکی مراتع استان گلستان گزارش نموده‌اند. نتایج آن‌ها همچنین نشان داد رویشگاه‌های

اسپرس کپه داغی روی خاک‌های با بافت سیلتی لوم بدون شوری ظاهر می‌شود. به‌نظر می‌رسد که زهکشی مناسب در این خاک‌ها، از جمله دلایلی است که موجب رشد بیشتر این گونه در این نوع خاک‌ها شده است که با یافته‌های فیضی و همکاران (Feizi et al., 2003)، خلاصی اهوازی و همکاران (Khalasi Ahvazai et al., 2011) و دشتی و همکاران (Dashti et al., 2021) همسو می‌باشد. به‌طور کلی، بافت خاک حرکت آب در خاک را تحت تأثیر قرار داده و عامل مهمی در دسترس بودن مواد غذایی و یک عامل در پتانسیل فرسایشی خاک می‌باشد (Esfanjani et al., 2017; Alavi et al., 2017).

با توجه به عکس‌العمل معنی‌دار گونه *H. kopetdaghi* Boriss در رابطه با عوامل فوق‌الذکر در مناطق مورد مطالعه، منحنی پاسخ این گونه نسبت به هر یک از متغیرهای محیطی اثرگذار، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۳). پاسخ گونه مورد مطالعه در ارتباط با متغیر درصد سنگ و سنگریزه در سطح خاک از مدل کاهشی (Monotonic decrease) پیروی کرده و با افزایش مقدار این عامل، حضور و درصد پوشش گیاهی آن کاهش می‌یابد (شکل ۳ A). برعکس، پاسخ این گونه به درصد لاشبرگ و آهک به‌صورت افزایشی (Monotonic increase) بوده و با افزایش مقادیر این عوامل، فراوانی و درصد پوشش گیاهی آن نیز بیشتر می‌شود (شکل ۳ B,C). به نظر می‌رسد افزایش درصد لاشبرگ منجر به افزایش فراوانی و درصد پوشش گیاه به‌دلیل ایجاد بستر مناسب برای بذر و همچنین فراهم نمودن رطوبت لازم برای افزایش جوانه‌زنی و استقرار آن شده است. نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های کارسی هینز و دیاز آگویار (Diaz & Carcey Hincz, 2011) و ویسی و همکاران (Wassie et al., 2009) و لاریس و واردل (Laris & Wardell, 2006) مطابقت دارد. در تأیید نتایج فوق پاسخ گونه اسپرس خراسانی نیز به شیب درصد آهک افزایشی می‌باشد (Dashti et al., 2021).

بررسی درصد پوشش گیاهی مورد مطالعه در ارتباط با متغیرهای درصد شن، درصد عصاره اشباع و اسیدیته خاک نشان داد که پاسخ این گونه نسبت به تغییرات مقادیر این عوامل به‌صورت زنگوله‌ای یا تک‌نمایی (Unimodal) است. بدین ترتیب که با افزایش درصد شن، درصد عصاره اشباع و اسیدیته خاک، به‌ترتیب تا ۵۰، ۳۵ و ۷/۸ درصد، فراوانی گونه *H. kopetdaghi*، افزایش و پس از آن و در محدوده مورد مطالعه، با افزایش مقادیر این عوامل، روند کاهشی نشان داده است. در مورد عامل محیطی درصد شن، حضور این گونه از مقدار ۳۵

درصد آغاز و تا ۶۵ درصد ادامه داشته و در خارج از این محدوده، حضور نداشته است (شکل ۳ D). در ارتباط با عامل درصد عصاره اشباع خاک نیز حضور این گونه از مقدار ۲۵ درصد آغاز و تا ۴۵ درصد ادامه داشته و در خارج از این محدوده، پراکنش گونه ملاحظه نگردید (شکل ۳ E). دامنه تغییرات اسیدیته خاک در منطقه پراکنش گونه نیز محدود بوده و در دامنه ۷/۷ تا ۸ قرار دارد (شکل ۳ F). در تأیید نتایج فوق ابرسجی و همکاران (Abarsaji et al., 2007) نیز دامنه تغییرات اسیدیته خاک رویشگاه‌های اسپرس کپه داغی را بین ۷/۵ تا ۷/۹ گزارش نموده‌اند. در مطالعاتی دیگر رحیمی (Rahimi, 1999) نتیجه گرفتند تراکم اسپرس خراسانی در محدوده pH بین ۷ تا ۷/۲ کم است، اما با افزایش اسیدیته تا ۷/۶، تراکم گیاه افزایش می‌یابد.

نتایج نشان دادند عکس‌العمل گونه *H. kopetdaghi* به درصد سیلت بافت خاک، درصد کربن آلی خاک و درصد شیب زمین در رویشگاه‌های مورد مطالعه از مدل دومی یا دو نمایی (Bimodal) پیروی می‌کند، این مدل، نشان‌دهنده وجود یک محدودیت رقابتی در طول شیب محیطی است. بدین ترتیب که حضور گونه در امتداد شیب عوامل فوق دارای دو نقطه رشدی بهینه است. بدین ترتیب که درصد فراوانی و پوشش گیاهی گونه مورد مطالعه با افزایش درصد سیلت خاک تا ۳۵ درصد، افزایشی بوده و از آن به بعد با افزایش میزان سیلت خاک تا ۴۰ درصد حضور گونه کاهش یافته و مجدداً با افزایش درصد سیلت خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه افزایش می‌یابد (شکل ۳ G). به‌طور مشابه پاسخ گونه فوق با افزایش درصد کربن آلی خاک تا ۰/۶۵ درصد افزایشی بوده و از آن به بعد با افزایش درصد کربن آلی خاک تا ۰/۹ درصد حضور گونه کاهش یافته و مجدداً با افزایش کربن آلی خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه افزایش می‌یابد (شکل ۳ H). دشتی و همکاران (Dashti et al., 2021) گزارش کردند عکس‌العمل گونه اسپرس خراسانی به درصد کربن آلی از مدل زنگوله‌ای تبعیت می‌کند. نتایج همچنین نشان دادند در صد فراوانی و پوشش گیاهی گونه *H. kopetdaghi* با افزایش درصد شیب زمین تا ۲۰ درصد کاهش یافته و سپس با افزایش درصد شیب زمین تا ۳۰ درصد حضور گونه افزایش یافته و مجدداً با افزایش درصد شیب خاک حضور و رشد گونه مورد مطالعه کاهش یافته است (شکل ۳ I). به‌نظر می‌رسد در اراضی با شیب بالا، نزولات جوی به‌صورت رواناب حرکت کرده و فرصت کمتری جهت نفوذ در خاک داشته و لذا شرایط برای استقرار این گونه فراهم نمی‌باشد. برخی از محققین نیز به اثر شیب بر

رشد رویشی برگ‌ها و ساقه‌ها تا نیمه دوم فروردین ماه به سرعت انجام می‌گردد. از اوایل اردیبهشت به تدریج غنچه‌ها ظاهر شده و با ظهور گل‌ها مرحله گل‌دهی تا اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد ادامه می‌یابد، لذا در صورتی که هدف از کشت گیاه جمع آوری علوفه است، این دامنه زمانی مناسب‌ترین زمان می‌باشد. با پایان گل‌دهی به تدریج غلاف‌ها از اوایل تا اواسط خرداد ماه تشکیل شده و بذور به تدریج از اواسط خرداد تا اواسط تیر وارد مرحله رسیدگی شده و در اثر وزش باد و خشکی هوا تا اوایل ماه مرداد کاملاً ریزش می‌کنند، بنابراین به منظور ممانعت از ریزش بذور و کشت آن در سال‌های آینده، بهتر است جمع‌آوری بذور تا هفته اول مرداد انجام گیرد (Abarsaji et al., 2007). همزمان با شروع تشکیل بذر، برگ‌ها به تدریج از پایین بوته شروع به زرد شدن نموده و همزمان با ریزش بذور، برگ‌ها به تدریج ریزش نموده و اندام‌های هوایی گیاه از اواخر مرداد تا اوایل شهریور خشک شده و به خواب می‌رود. دیاگرام رشد گیاه در انطباق با منحنی آمپروترومیک، در شکل ۵ ارائه داده شده است.

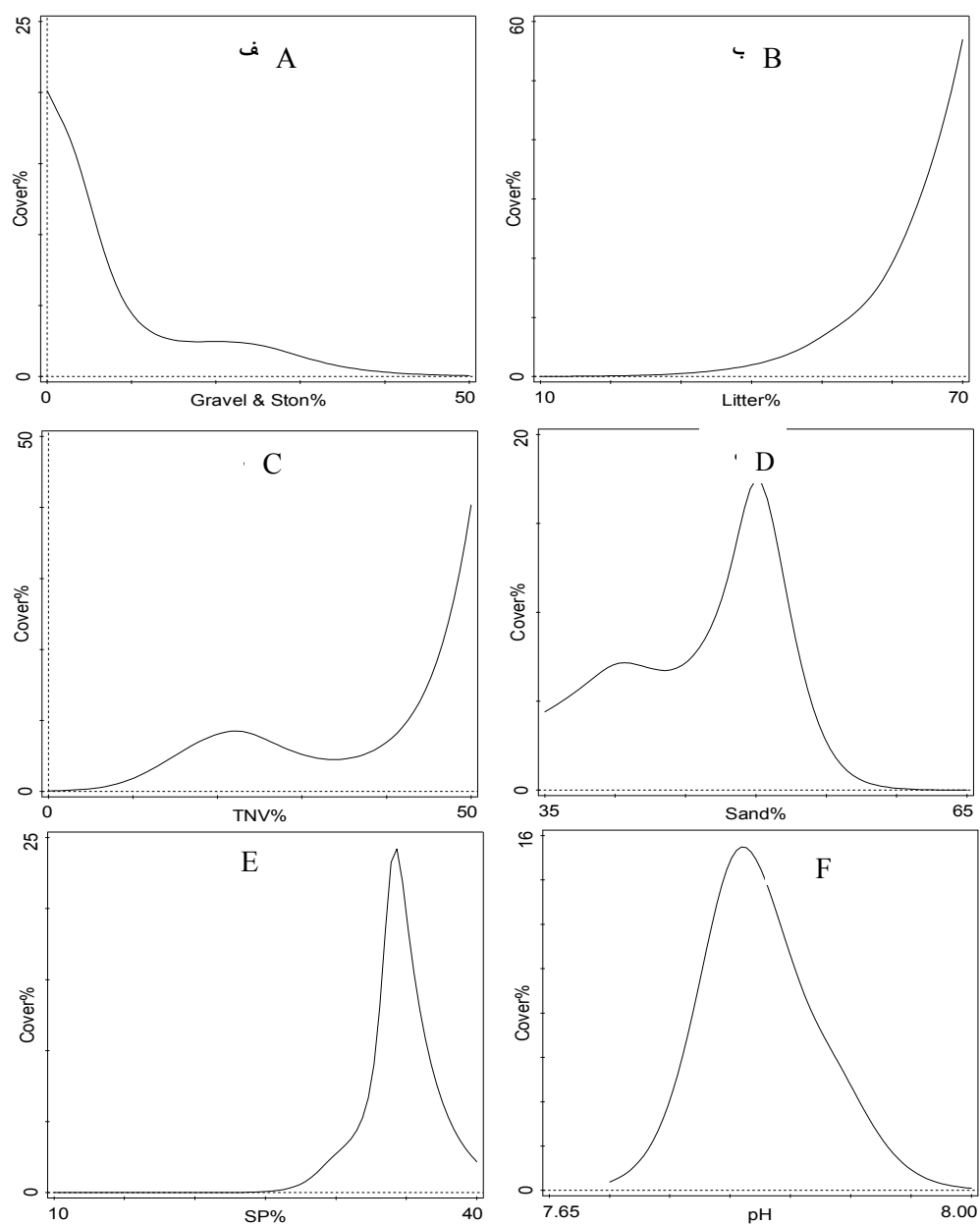
نتیجه‌گیری

به طور کلی، نتایج نشان داد که تجزیه و تحلیل داده‌های پیچیده اکولوژیکی نیازمند روش‌های تحلیلی انعطاف‌پذیر و قوی است که بتواند روابط غیرخطی، اثرات متقابل و داده‌های از دست رفته را کنترل کند. اگرچه رگرسیون‌های چند متغیره نظیر مدل افزایشی تعمیم‌یافته می‌توانند در بیان آشیان اکولوژیک یک گونه خاص نقش داشته باشند و این دامنه اکولوژیک می‌تواند شامل تأثیرات متقابل عوامل غیرزنده و زنده باشد، ولی نقش نسبی فاکتورهای زنده نظیر رقابت گونه‌ها در مقایسه با عوامل غیرزنده مشخص نیست و این از جمله مسائلی است که نیاز به تحقیقات بیشتری دارد. در مجموع، نتایج اولیه این پژوهش، نشان داد که گونه اسپرس کپه داغی به تغییرات عواملی مثل بافت خاک، در صد رطوبت اشباع، در صد آهک، در صد کربن آلی، اسیدیته، در صد شیب زمین و در صد لاشبرگ سطح خاک عکس‌العمل معنی‌داری نشان داده که از بین این عوامل؛ بافت خاک، در صد آهک و در صد رطوبت اشباع خاک از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر حضور و عملکرد این گونه می‌باشد

عملکرد برخی از گونه‌ها، اشاره کرده‌اند (Alavai et al., 2013). حضور گونه فوق در رویشگاه‌ها عمدتاً در شیب‌های شمال و شمال شرق بوده و حضور کمتری در شیب‌های جنوب و غرب دارد. به نظر می‌رسد کاهش حضور این گونه در شیب‌های جنوبی و غربی می‌تواند تا حدودی به دلیل محدودیت‌های اکوفیزیولوژیکی نظیر کاهش رطوبت خاک، افزایش دما و توان تولید پائین اکوسیستم در این شیب‌های جغرافیایی باشد. در تأیید این نتایج گزارش شده است که حضور گونه *Bromus tomentellus* در مناطق گرم به‌ویژه جهت جغرافیایی جنوب و جنوب غرب کاهش می‌یابد (Kolahi et al., 2014). شیب‌های شمالی به دلیل کاهش شدت تابش و دما و نیز افزایش رطوبت خاک شرایط مناسب‌تری برای حضور گیاه فراهم می‌سازند. از طرفی، به دلیل خواب فیزیکی ناشی از پوسته سخت بذر می‌توان اظهار نمود در شیب‌های شمالی که رطوبت بیشتر است، شسته‌شوی مواد بازدارنده موجود در غلاف بذر می‌تواند منجر به شکستن خواب بذر و افزایش درصد جوانه‌زنی شود (Dashti et al., 2021). حسین جعفری و همکاران (Hossein Jafari et al., 2019) نیز با مطالعه تأثیر توپوگرافی و خاک نشان دادند رطوبت بالای خاک و درصد سیلت منجر به افزایش پارامترهای رویشی *Ferula pseudalliacea* می‌شوند.

مراحل رشد گونه *H. kopetdaghi* در استان خراسان رضوی

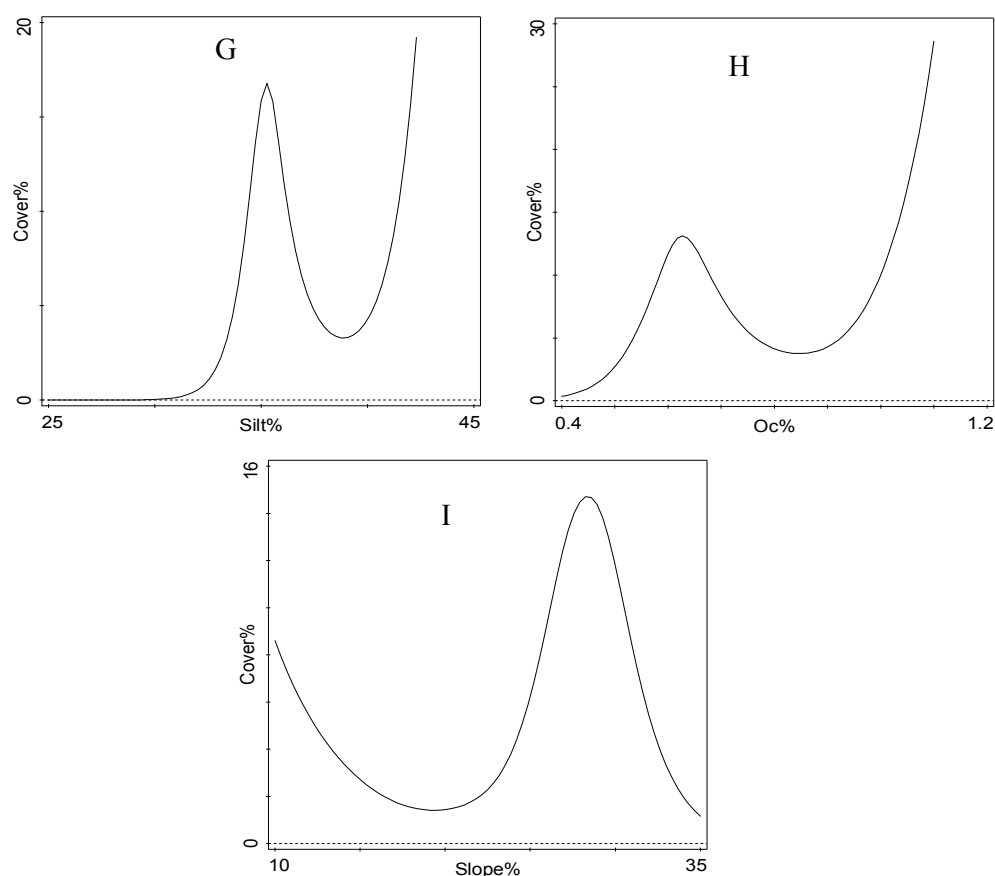
نتایج دو ساله حاصل از مطالعات فنولوژی گونه *H. kopetdaghi*، نشان داد که با گرم شدن تدریجی هوا از اواسط فروردین، لپه‌ها بالای سطح خاک آمده و سبز شدن گیاهچه‌ها با ظهور دو برگ کوچک لپه‌ای آغاز می‌شود. رشد گیاهان در سال اول کند بوده و با افزایش رشد ریشه‌ها، استقرار خود را کامل می‌کنند، لذا به منظور استقرار گیاهان کشت شده، برداشت گیاهان در این سال توصیه نمی‌شود. گیاهان از سال دوم رشد به بعد از ریشه‌های عمیق و قوی برخوردار بوده و برای دسترسی به آب و تحمل خشکی تا عمق زیادی (بیش از دو متر) در خاک نفوذ می‌نماید. رشد مجدد گیاهان از اواسط اسفند از محل طوقه آغاز شده و با افزایش دمای هوا و شدت نور،



شکل ۳- منحنی پاسخ گونه *H. kopetdaghi* به متغیرهای تبیینی معنی‌دار

Fig. 3- Response curve of *H. kopetdaghi* Boriss. species to significant variables

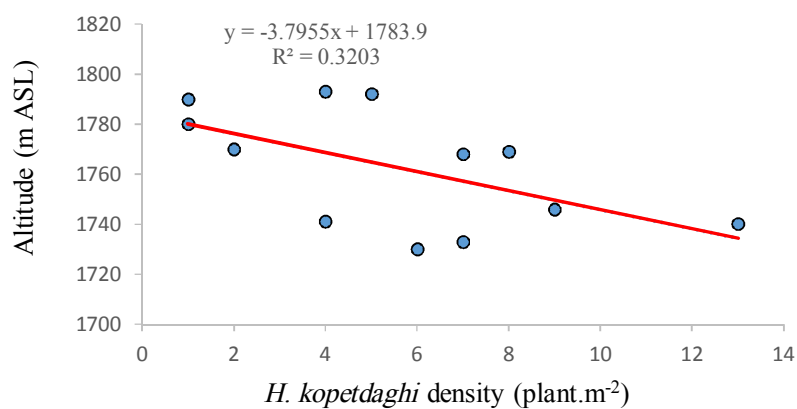
درصد سنگ و سنگریزه (A)، درصد لاشبرگ (B)، درصد آهک (C)، درصد شن (D)، درصد عصاره اشباع (E) و اسیدیته (F)
Stone and gravel % (A), Litter % (B), TNV % (C), Sand % (D), SP % (E) and pH (F)



شکل ۳ (ادامه) - منحنی پاسخ گونه *H. kopetdaghi* به متغیرهای تبیینی معنی دار تبیینی معنی دار

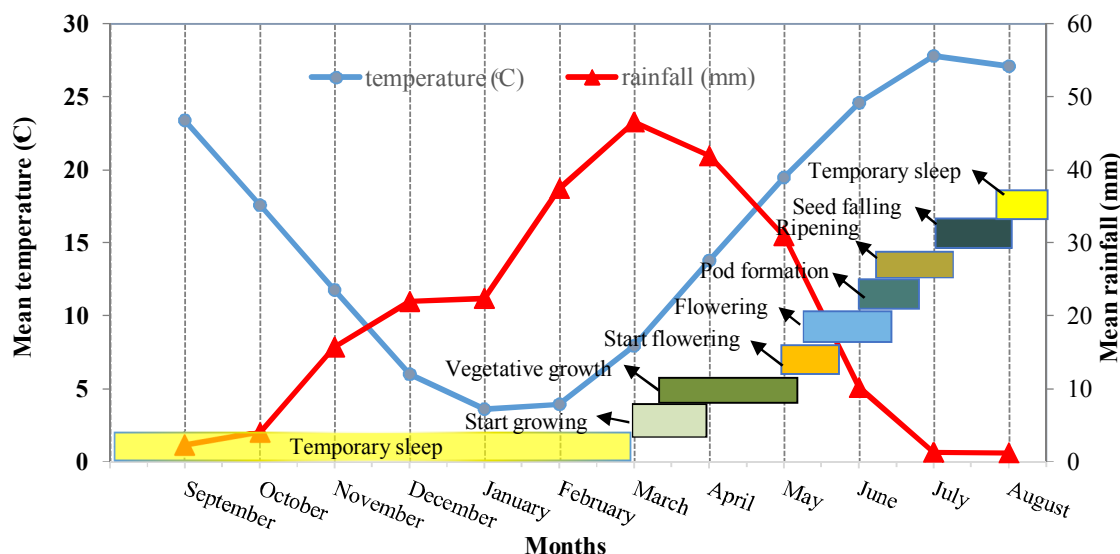
درصد سیلت (G)، درصد کربن آلی (H)، درصد شیب (I)

Fig. 3 (Continue)- Response curve of *H. kopetdaghi* Boriss. species to significant variables. Silt % (G), OC % (H) and Slope % (I)



شکل ۴ - منحنی پاسخ تراکم گونه *H. kopetdaghi* به ارتفاع از سطح دریا

Fig. 4- Response curve of *H. kopetdaghi* species density to altitude



شکل ۵- تطبیق منحنی آمبروترمیک با مراحل مختلف رشد گونه *H. kopetdaghi*
 Fig. 5- Synchrony of Embrothermic curve with different growth stages of *H. kopetdaghi*

با مصرف آب بالا و نیز در دیم‌زارهای کم‌بازده با میزان بارندگی بالاتر از ۲۵۰ میلی‌متر توصیه می‌شود. قطعاً ادامه تحقیقات در ارتباط با کاشت این گونه در اراضی دیم و نقش آن در تولید علوفه و تولید پایدار غلات دیم ضروری است.

که می‌تواند اطلاعات ارزشمندی برای استفاده از این گونه در عملیات اصلاح مراتع تخریب یافته در مناطقی با خصوصیات اکولوژیکی مشابه در اختیار قرار دهد. با توجه به نتایج فوق کشت این گیاه به‌عنوان یک علوفه خوش‌خوراک به‌عنوان جایگزینی مناسب برای گیاهان زراعی

References

- Abarsaji, G., Shahmoradi, A., and Zarekia, S., 2007. Autecology of *Hedysarum Kopetdaghi* in Golestan province. Iranian Journal of Range and Desert Research 4(3): 421-431. (In Persian with English Summary)
- Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Abdshah, H., and Kazemian, A., 2019. Agricultural statistics letter. Vol 1: Crops. The Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy of Economic Planning, Information and Communication Technology Center.
- Akaike, H., 1974. A new look at the statistical model identification, Automatic Control, IEEE Transactions 19(6): 716-723.
- Alavi, S.J., Zahedi Amiri, G., Rahmani, R., Marvi Mohajer, M.R., Muys, B., and Nouri, Z., 2013. Investigation on the response of *Fagus orientalis* Lipsky to some environmental variables using beta function and its comparison with Gaussian function (Case study: Kheyrud forest research station). Iranian Journal of Forest 5(2): 161-171. (In Persian with English Summary)
- Alavi, S.J., Nouri, Z., and Zahedi Amiri, G., 2017. The response curve of beech tree (*Fagus orientalis* Lipsky.) in relation to environmental variables using generalized additive model. Journal of Wood and Forest Science and Technology 24(1): 29-42. (In Persian with English Summary)
- Aliyahiaei, M., and Behbahanzad, A.A., 1993. Description of methods of chemical decomposition of soil. Soil and Water Research Institute Publications, Iran. 129 p. (In Persian)
- Ardakani, M.R., 2009. General Ecology. University of Tehran Press, Iran. 331 p. (In Persian)
- Arzani, H., and Abedi, M., 2015. Rangeland Assessment, Vegetation Coverage Measurement. Volume 2, University of Tehran Press, Iran. 305 p. (In Persian)
- Austin, M.P., 2002. Spatial prediction of species distribution: An interface between ecological theory and statistical modelling. Ecological Modelling 157: 101-118.

- Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R., and Latour, J.B., 2002. Assessing the effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology* 8: 390–407.
- Berg, Å., Gärdenfors, U., and Von Proschwitz, T., 2004. Logistic regression models for predicting occurrence of terrestrial mollusks in southern Sweden – importance of environmental data quality and model complexity. *Ecography* 27: 83–93.
- Carcey Hincz, P.A., and Diaz Aguilar, I., 2011. Impact of grazing on soil mesofauna diversity and community composition in deciduous forested rangelands of northwest Alberta. 23 p.
- Dashti, M., Fayaz, M. and Hosseini Bamrood, G., 2020. Suitable season and rangeland planting method of *Onobrychis chorassanica* Bunge. in summer rangeland of Khorasan-e-Razavi. *Iranian Journal of Rangeland and Desert Research*, 27(4): 891-903. (In Persian with English Summary)
- Dashti, M., Mirdavoudi, H., Ghasemi Arian, A., and Azizi, N., 2021. Effects of topography and soil variables on abundance of *Onobrychis chorassanica* Bunge. in Kardeh and Kurtian rangelands, Mashhad, Iran. *Journal of Rangeland Science* 11(3).
- Esfanjani, J., Zare Chahouki, M.A., Rouhani, H., Esmaeili, M.M. and Behmanesh, B., 2017. Suitability habitat modelling species using Ecological Niche Factor Analysis (ENFA) in rangelands Chaharbagh of Golestan province, Iran. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 23(3): 516-526. (In Persian with English Summary)
- Feizi, M.T., Khodaghali Morteza, M., Saeedfar, M., and Shahmoradi, A.A., 2003. Autecology study of *Eurotia ceratoides* (L.) C. A. Mey in Isfahan province. *Iranian Range and Desert Research* 10(4): 387-408. (In Persian with English Summary)
- Faraji, A., 2014. Reaction of *Artemisia deserti* communities to some environmental changes in Markazi province. Master Thesis in Range Management, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran. 102 p. (In Persian with English Summary)
- Godefroid, S., and Koedam, N., 2004. Interspecific variation in Soil compaction sensitivity among forest floor species. *Biological Conservation* 119: 207-217.
- Gholinejad, B., Jonaidi Jaffari, A., 2020. Effect of environmental traits and grazing intensities on plant community distribution (Case study: Saral rangelands, Iran). *Journal of Rangeland Science* 10(2): 162-172.
- Guisan, A., Weiss, S.B., and Weiss, A.D., 1999. GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology* 143: 107–122.
- Heidari Sharifabad, H., and Torknejad, H., 2010. Annual Alfalfa. Publications of Forests and Rangelands Research Institute, Iran. 187 p. (In Persian)
- Heydari, F., Dianti-Tilki, Gh., and Alavi, S.J., 2017. Comparison of response curves of *Bromus tomentellus* and *Achillea millefolium* species to environmental gradients using a generalized collective model. *Plant Ecology Conservation* 5(11): 34-17. (In Persian with English Summary)
- Hossein Jafari, S., Sepehry, A., Soltanloo, H., and Karimian, A.A., 2019. Effect of topography and soil properties on distribution of *Ferula pseudalliacea* (Bitter Asafetida) in Yazd province. *Iranian Journal of Rangeland Science* 9(2): 184-195. (In Persian with English Summary)
- Khalasi Ahvazai, L., Zare Chahouki, M.A., Azarnivand, H., and Soltani Gardfaramarzi, M., 2011. Modeling the suitability of *Eurotia ceratoides* (L.) C.A.M. Using the methodological factor analysis of ecological nests (ENFA) in the northeastern rangelands of Semnan. *Range* 5(4): 373-362. (In Persian with English Summary)
- Kleyer, M., Dray, S., Bello, F.D., Leps, J., Pakeman, R.J., Strauss, B., Thuiller, W., and Lavorel, S., 2012. Assessing species and community functional responses to environmental gradients: which multivariate methods? *Journal Vegetative Scene* 23: 805–821.
- Kolahi, M., and Atri, M., 2014. The effect of ecological factors on vegetation in Hamedan Alvand region (Iran), *International, Farming and Allied Sciences* 3(5): 489-496.
- Laris, P., and Wardell, D.A., 2006. Good, bad or 'necessary evil'? Reinterpreting the colonial during experiment in savanna landscapes of West Africa. *The Geographical Journal* 172: 271-290.
- Leps, J., and Smilauer, P., 2003. *Multivariate Analysis of Ecological Data using CANOCO*. Cambridge University Press. 269 pp.
- Marvi Mohajer, M.R., and Sefidi, K., 2012. *Forest Ecology* (translation). University Jihad Publications, Iran. 397 p. (In Persian)
- Moisen, G.G., and Frescino, T.S., 2002. Comparing five modeling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological Modelling* 157: 209–225.
- Mirdavoudi, H., 2013. The effect of turbulence on plant diversity and invasive species in oak groves in western Iran (Case study: Dalab Ilam forest). Ph.D. Thesis, University of Tehran, Department of Forestry and Forest Economics, Iran. 128. (In Persian with English Summary)

- Rahimi, A., 1999. Individual Ecology of Khorasan *Onobrychis* in Khorasan province. Master Thesis in Plant Science (Ecology-Systematic). Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Odum, E.P., 1971. *Fundamentals of Ecology*. 3rd ed. W.B. Saunders. Philadelphia. 574 pp.
- Rechinger, K.H., 1984. *Hedysarum* In Rechinger, K. H.(Eds.), *Flora Iranica* 157 a: 366- 386. Akad. Druck- u Verlaags-Anst., Graz.
- Robertson, M.P., 2003. Comparing models for predicting species' potential distributions: A case study using correlative and mechanistic predictive modeling techniques. *Ecological Modelling* 164: 153–167.
- Ter Braak, C.J.F. and Smilauer, P., 2002. *Canoco, reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5)*. Microcomputer Power, Ithaca.
- Traoré, S., Zerbo, L., Schmidt, M., and Thiombiano, L., 2012. *Acacia* communities and species responses to soil and climate gradients in the Sudano-Sahelian zone of West Africa. *Journal of Arid Environments* 87: 144-152.
- Wassie, A., Sterck, F.J., Teketay, D. and Bongers, F., 2009. Effect of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 257: 765-772.



Kopetdaghi Sainfoin (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) as a Rangeland Plant Response to some Environmental Gradients in Nature Habitats of Khorasan Razavi Province

M. Dashti^{1*}, H. Mirdavoudi², S.F. Fazeli Kakhki¹ and N. Azizi¹

Submitted: 18-09-2020

Accepted: 12-01-2021

Dashti, M., Mirdavoudi, H., Fazeli Kakhki, S.F., and Azizi, N., 2021. Kopetdaghi Sainfoin (*Hedysarum kopetdaghi* Boriss.) as a rangeland plant response to some environmental gradients in nature habitats of Khorasan Razavi province. Journal of Agroecology 13(2):179-194.

Introduction

A significant area of the country's rangelands has been destroyed, or their population has been severely reduced due to various factors such as uncontrolled exploitation, climate change, and other factors. Irregular and out-of-season grazing in different regions and the mismatch of the number of livestock with forage production capacity in the country's rangelands has reduced the population of edible plants in a region and reduced livestock's power supply in the country. *Hedysarum kopetdaghi* plant is an important species that grows in the rangeland ecosystems of North Khorasan, Khorasan Razavi, and Golestan provinces. It is one of the high-quality perennial herbaceous species that is mainly seen as a companion species in combination with summer pasture types in the country's northeast. The forage of this plant is of good quality and is grazed in all vegetative and reproductive stages. Considering the importance of forage, determining ecological factors affecting vegetation changes and examining the response of this species to changes in ecological factors in different ecological conditions, and determining the different stages of growth of this species in Khorasan Razavi province was studied by generalized Additive Model (GAM).

Materials and Methods

Kopetdaghi sainfoin (*H. kopetdaghi*) responses to some environmental gradients were studied in its natural habitat in the northern heights of Binalood (Kalate Ahan) and the heights of Hezar Masjed (Marichgan), respectively. Vegetation sampling was done by the systematic-random method. The plant growth calendar (phenology) was recorded in different stages of vegetation, flowering, maturation, and seed fall, plant drying, and the phenological diagram of the plant were drawn in accordance with the Embrothermic curve. At the data preparation stage, initially the nominal and sequential variables such as soil texture and the relative data in the column related to each factor were identified. Generalized Additive Model (GAM) was used to investigate the response of this species

1- Assistant Professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.

2- Assistant Professor, Markazi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Arak, Iran.

(* Corresponding author: m.dashti@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22067/agry.2021.20315.0

to soil and topographic factors. The percentage of canopy cover of *O. chorassanica* was used to explore the relationship between species and the environment, and the ecological range was calculated as a function of the Gaussian response.

Results and Discussion

The results indicated that *H. kopetdaghi* is more distributed on sandy loam to silty loam soils. It has the highest yield in moderate amounts of sand (about 50%) and silt (about 35%). The results also showed that the relationship between the density of *H. kopetdaghi* and altitude (m. ASL) increases but then decreases with increasing altitude more than 1700 meters. It seems that altitude is a limiting factor (e.g. decreasing temperature and increasing light intensity) that affects species distribution. The response pattern of *H. kopetdaghi* along the gradient of litter and lime percentage of the soil followed the monotonic increase model, but along the gradient of the soil stones and pebbles, percentage followed the monotonic decrease model. The results also showed that the range of *H. kopetdaghi* canopy cover was 0.5%-1.82%, the density was 0.05-0.21 plants m⁻², and dry biomass was 2.14-6.64 g.m⁻², and the mean of dry forage yield was 38.5 g.plant⁻¹.

Conclusion

Overall, this study indicated that *H. kopetdaghi* showed a significant response to changes in factors such as soil texture, saturation moisture content, lime percentage, organic carbon content, acidity, soil slope percentage, and litter percentage of soil surface. Among these factors, soil texture, lime content, and soil saturation moisture content are the most important factors affecting the presence and performance of this species, which can provide valuable information for the use of this species in degraded rangeland operations in areas with similar ecological characteristics. According to the above results, the cultivation of *H. kopetdaghi* is recommended as a palatable forage in low-yielding drylands with precipitation more than 200 mm. It is necessary to continue research on planting this species as well as its role in forage production and sustainable production in rain-fed grains.

Keywords: Generalized Additive Model, Ordination, Species response curve, Topography.



مقاله علمی - پژوهشی

تحلیل شاخص‌های اقتصادی و انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در کشت گندم (مطالعه موردی: کشت و صنعت دشت ناز ساری)

محمد شریفی^{۱*}، شمس‌ی سودمندمقدم^۲، مهدی ایزدی^۲ و روزبه عباس‌زاده^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳

شریفی، م.، سودمندمقدم، ش.، ایزدی، م. و عباس‌زاده، ر.، ۱۴۰۰. تحلیل شاخص‌های اقتصادی و انرژی در روش‌های مختلف خاک‌ورزی حفاظتی در کشت گندم (مطالعه موردی: کشت و صنعت دشت ناز ساری). بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۱۹۵-۲۱۰.

چکیده

خاک‌ورزی حفاظتی یکی از راهکارهای مدیریتی مهم برای حفاظت از منابع آب و خاک است. در این پژوهش، وضعیت انرژی مصرفی و بازدهی اقتصادی سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری برای محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم میلان، در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار بررسی شد. همچنین میزان عملکرد دانه گندم نیز اندازه‌گیری و تعیین گردید. سامانه‌های خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم (CT)، بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا (NT)، کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات (MTCO)، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی (MTNT)، بی‌خاک‌ورزی و با بقایا (NTR) بود. نتایج آزمایش نشان داد سامانه MTCO و CT به ترتیب با متوسط ۶۸۱۲/۵ و ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را در بین تیمارها به خود اختصاص دادند. همچنین سامانه MTCO با مقادیر ۴/۵۸ نسبت انرژی، ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول بهره‌وری انرژی و همچنین با ۳/۴۲ مگاژول بر کیلوگرم شدت انرژی بهترین سامانه برای کشت گندم از نظر شاخص‌های انرژی گزارش شد. سامانه NTR در مجموع، کم مصرف‌ترین سامانه از لحاظ انرژی بود، اما دارای عملکرد پایین دانه گندم ۵۰۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در بخش شاخص‌های اقتصادی با وجود هزینه تولید کمتر برای سامانه NTR، سامانه MTCO با ۲۶ درصد عملکرد و بهای فروش بالاتر و ۲۵/۵ درصد بهای تمام شده کمتر و همچنین ۳۵/۲ درصد سود ناخالص بیشتر نسبت به سامانه NTR، برتری داشت. به‌طور کلی، سامانه MTCO با برتری در شاخص‌های انرژی و اقتصادی، به‌عنوان گزینه بهینه برای خاک‌ورزی و کاشت گندم در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: ذخیره رطوبت، راهکار مدیریتی، روش کشاورزی، شرایط بومی

مقدمه

کشاورزی حفاظتی راهکاری پایدار برای دسترسی به نیازهای

غذایی آینده است. روش‌های کشاورزی حفاظتی می‌تواند موجب ایجاد کارایی در مواد اولیه، افزایش درآمد از مزرعه، بهبود شرایط پایدار تولید محصول و موجب حفظ و بازسازی مجدد خاک، تنوع زیستی و منابع زیربنایی طبیعی شود. خاک‌ورزی حفاظتی روشی برای مدیریت خشکسالی در راستای نگهداری آب در زمین و همچنین کاهش هزینه‌های تولید در کشاورزی و افزایش مواد آلی خاک است. شیوه‌های سنتی آماده‌سازی خاک و تکنیک‌های مدیریت علف‌های هرز و روش‌های دیگر، نه تنها موجب تخریب ساختار طبیعی خاک شده، بلکه باعث از بین رفتن مواد غذایی و تبخیر فرآیند زیستی و

۱- دانشجویان، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.

۳- استادیار سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.
(Email: m.sharifi@ut.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

Doi: 10.22067/jag.v13i2.81534

فشرده‌گی و کاهش رطوبت خاک می‌شود (Khan et al., 2017). استفاده از گاوآهن برگردان‌دار علاوه بر مصرف انرژی زیاد، به دلیل زیر و رو کردن مداوم خاک موجب اتلاف رطوبت، تسریع اکسیداسیون مواد آلی و تخریب ساختمان خاک می‌گردد. علاوه بر این، اجرای خاک‌ورزی با این نوع گاو آهن باعث خواهد شد که تمام بقایای گیاهی وارد خاک شده و از دسترس خارج شود و در نتیجه، خاک در معرض فرسایش شدید آبی و خاکی قرار گیرد. برای برخورد و جلوگیری از چنین وضعیتی در بسیاری از کشورهای دنیا خاک‌ورزی حفاظتی به عنوان یک راهکار پایدار و مؤثر مورد توجه محققان قرار گرفته است (Loghmani et al., 2009).

در پژوهشی اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی مرسوم، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی بر خصوصیات خاک، مصرف سوخت، زمان مورد نیاز عملیات خاک‌ورزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که خاک‌ورزی حفاظتی باعث صرفه‌جویی ۷۷ درصدی در مصرف سوخت و ۸۴ درصدی زمان مورد نیاز عملیات خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم می‌شود (Afzalinia et al., 2009).

طبق تحقیقات، حدود ۶۰ درصد از کل انرژی مورد مصرف در کشاورزی مکانیزه مربوط به عملیات خاک‌ورزی می‌باشد (Sardar et al., 2015). دقت در نوع استفاده از ادوات و مراتب ورود به مزرعه برای هر نوع از ادوات خاک‌ورزی دارای اهمیت بالایی است (Larney et al., 2017).

عملیات خاک‌ورزی سهم قابل توجهی در مقدار انرژی ورودی به یک سامانه تولید محصولات زراعی دارد. کاهش عملیات خاک‌ورزی به نحوی که اهداف خاک‌ورزی را برآورده ساخته و ضمن جلوگیری از فرسایش و تخریب ساختمان خاک، زمان و انرژی مورد نیاز جهت تهیه بستر بذر را کاهش دهد، از جمله اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد. در این راستا ادوات خاک‌ورزی باید به گونه‌ای انتخاب شوند که ضمن مصرف حداقل انرژی، شرایط مناسب جهت جوانه‌زنی و رشد ریشه را در حد مطلوب فراهم آورند. نتایج مطالعه روی تأثیر کاهش خاک‌ورزی بر انرژی مصرفی در تولید ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.)، با اعمال سه روش مختلف خاک‌ورزی تهیه بستر بذر (گاوآهن برگردان‌دار + دو بار دیسک، گاوآهن قلمی + دو بار دیسک و دیسک + دیسک) نشان داد که روش‌های مختلف تهیه بستر بذر از نظر کل انرژی ورودی به مزرعه دارای اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد

بودند، به طوری که استفاده از روش خاک‌ورزی بدون استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم باعث ذخیره انرژی در قالب سوخت و عملیات ماشینی گردید. روش‌های مختلف تهیه بستر بذر از نظر کل انرژی خروجی از مزرعه تفاوت معنی‌دار آماری نشان ندادند. همچنین بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب به خاک‌ورزی مرسوم و حداقل خاک‌ورزی اختصاص داشت. (Loghmani et al., 2009).

روش مناسب خاک‌ورزی با توجه به نوع خاک و شرایط اقلیمی، می‌تواند در دستیابی به شرایط آبی مناسب در خاک مؤثر باشد. زمانی که خاک با محدودیت تهیه آب روبه‌رو است، خاک‌ورزی، با هدف به حداکثر رساندن حفظ رطوبت خاک انجام می‌شود (Nabavi-Pesaraei et al., 2016). در مناطق دیم، کم‌خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم عملکرد غلات ریزدانه را افزایش می‌دهد.

در مطالعه‌ای روی بررسی اثر تیمارهای خاک‌ورزی (خاک‌ورزی مرسوم (دیسک‌زنی در بهار)، حداقل خاک‌ورزی (ریشه‌بر کردن در بهار و بی‌خاک‌ورزی)) در کشت گندم بهاره (*Triticum aestivum* L.) در تناوب گندم زمستانه-آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) مشخص شد که رطوبت ذخیره شده در بین تیمارها معنی‌دار نبود، اما رطوبت ذخیره شده در تیمار بی‌خاک‌ورزی از تیمارهای دیگر بیشتر بود (Eskandari et al., 2016). حفظ بقایای گیاهی باعث افزایش ذخیره رطوبت در خاک می‌گردد. همه محققین در مورد مزایای سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی، اتفاق نظر دارند و در توصیه خاک‌ورزی حفاظتی به بخش کشاورزی، اختلاف نظر کمی دارند. گرچه برخی معتقدند که در افزایش درآمد، ممکن است اندکی زیاده‌روی شده باشد (Zhang et al., 2016).

خاک‌ورزی و کاشت، عملیات اصلی در یک سامانه تولید محصول می‌باشد که عملکرد محصول، کیفیت خاک و انرژی ورودی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور بررسی پایداری در تولید محصولات کشاورزی، لازم است که مصرف انرژی با توجه به شاخص‌هایی از قبیل شاخص‌های اقتصادی مورد توجه قرار گیرد (Unakitan et al., 2010). یکی از اهداف اساسی هر بخش تولیدی از قبیل بخش کشاورزی، افزایش تولید و کاهش هزینه‌ها می‌باشد. لذا تعیین شاخص‌های اقتصادی در هر نظام تولیدی از طریق تعیین هزینه‌های تولید و درآمد بر اساس عملکرد محصول و همچنین تعیین نسبت سود به هزینه حائز اهمیت می‌باشد (Erdal et al., 2007).

تفاوت استفاده از انرژی در بخش ماشین‌ها می‌باشد. برای تعیین میزان انرژی معادل نهاده‌های مورد استفاده در این مطالعه و ستانده از ضرایب انرژی متناظر با هر یک استفاده شد. ضرایب انرژی برای نهاده‌ها و ستانده در جدول ۱ ارائه شده‌اند. بنابراین انرژی معادل هر یک از نهاده‌ها از ضرب میزان مصرف هر یک از آن‌ها در ضریب انرژی ویژه آن نهاده طبق معادله ۱ به‌دست می‌آید.

$$E_{input} = I_{consumption} \times e_{Cinput} \quad \text{معادله (۱)}$$

در این معادله، E_{input} : انرژی معادل نهاده‌های مصرفی برحسب مگاژول، $I_{consumption}$: میزان نهاده مصرفی (نیروی انسانی، سوخت فسیلی، الکتریسیته و ...) برحسب واحد آن و e_{Cinput} : محتوای انرژی نهاده برحسب مگاژول بر واحد می‌باشد.

محاسبه انرژی ماشین‌ها و ادوات

انرژی را می‌توان به دو بخش انرژی ورودی و خروجی تقسیم‌بندی نمود. انرژی مصرفی برای تولید کشاورزی نیز شامل دو بخش انرژی مستقیم و انرژی غیرمستقیم می‌باشد. مصرف مستقیم انرژی در تولید گندم شامل سوخت مورد نیاز تراکتورها (گازوئیل) عمدتاً جهت آماده کردن زمین، کاشت، داشت، برداشت و حمل و نقل، نیروی برق، سوخت الکتریسیته جهت پمپ‌های آبیاری و کار کارگری (نیروی انسانی) جهت انجام کلیه عملیات زراعی می‌باشد. مصرف غیرمستقیم انرژی در تولید گندم شامل انرژی مصرفی جهت ساخت و حمل و نقل کودهای شیمیایی، انرژی مورد نیاز برای تولید و حمل و نقل سموم شیمیایی همچون علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، انرژی مورد نیاز به‌منظور ساخت، تعمیر و نگهداری ادوات و ماشین‌های کشاورزی و انرژی موجود در بذر گندم می‌باشد (Tipi et al., 2009). بنابراین، با توجه به مطالب فوق، مبنای محاسبات در این تحقیق به دو شکل انرژی‌های ورودی مستقیم و غیرمستقیم انجام شد و در نهایت، انرژی خروجی محصول (دانه گندم) محاسبه گردید. شاخص‌های انرژی محاسبه شده در این مطالعه با استفاده از معادله‌های ۲ تا ۴ تعیین شد (Mobtaker et al., 2010).

در پژوهش حاضر، شاخص‌های انرژی و بازدهی اقتصادی برای سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی مختلف با رویکرد عملکرد محصول گندم در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری بررسی و مقایسه گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ برای کشت محصول گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم میلان انجام گرفت، که از بازار محلی خریداری شده بود. کشت گندم در قطعه ۱۶ جنوبی کشت و صنعت دشت ناز در شهرستان میاندورود ($36^{\circ} 40'$ عرض شمالی و $53^{\circ} 10'$ طول شرقی) با بافت خاک سیلتی-رسی شامل ۵۱٪ رس، ۴۲٪ سیلت، ۷٪ شن انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تیمار و سه تکرار طراحی شد.

تیمارهای مورد بررسی شامل خاک‌ورزی مرسوم (CT)، بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا (NT)، کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمینات (MTCO)، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی (MTNT)، بی‌خاک‌ورزی و با بقایا (NTR) بود که هر یک در سه تکرار اندازه‌گیری شد. در این تحقیق تیمارهای بی‌خاک‌ورزی شامل کشت گندم با دستگاه کاشت مستقیم SEMEATO NO TILL SHM (11/13) در بقایای محصول قبل (سویا *Glycine max* L.) رقم ساری و همچنین زمین بدون بقایا بود. کاشت گندم در بقایای سویا به این گونه بود که بعد از برداشت سویا در سال قبل، بدون آتش زدن بقایای سویا و یا از بین بردن آن، به‌طوری که ۳۰ درصد بقایای سویا روی سطح خاک باقی بماند، فرآیند کاشت انجام شد. هر ردیف کشت به‌طول ۳۵ متر بود که به‌میزان چهار متر از هم فاصله داشتند. همچنین میزان عملکرد دانه در سطح یک هکتار اندازه‌گیری و تعیین گردید.

محاسبه شاخص‌های انرژی

با توجه به اینکه هدف بررسی تفاوت مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف ماشین‌بندی بوده است، لذا تمامی نهاده‌ها از جمله کود، بذر، سم و میزان آبیاری و غیره به‌جز ماشین‌ها و سوخت دیزل مصرفی برای تمامی تیمارها یکسان بوده، اختلاف ایجاد شده حاصل

جدول ۱- ضرایب انرژی برای نهاده‌ها و ستانده‌ها
Table 1- Energy coefficients for inputs and outputs

عنوان Title	واحد Unit	انرژی معادل Energy equivalents (MJ.unit ⁻¹)
نیروی انسانی Manpower	hr	1.96
ماشین‌ها و ادوات Machinery and implements	hr	62.7
کامباین Combine harvester	hr	83.5
سوخت Fuel		
گازوئیل Gasoline	L	56.31
الکتریسیته Electricity	kWh	11.93
کود Fertilizer		
پتاسیم Potassium	kg	11.15
نیتروژن N	kg	66.14
فسفات Phosphate	kg	12.44
کود مایع Liquid fertilizer	L	102
سموم Poisons		
حشره کش Insecticide	L	120
علف کش Herbicide	L	85
قارچ کش Fungicide	L	115
بذر Seed		
گندم Wheat	kg	14.48
ستانده Output		
دانه Seed	kg	14.48

در این پژوهش، شاخص‌های اقتصادی سود ناخالص^۱ (GR)، نسبت سود به هزینه^۲ (BCR) و بهره‌وری اقتصادی^۳ (P) مورد بررسی قرار گرفتند (معادله‌های ۵ تا ۷). سود ناخالص با کم کردن هزینه

- 1- Gross profit
2- Income to cost
3- Economic efficiency

معادله (۲)	$\text{نسبت انرژی} = \frac{\text{انرژی ستانده (MJ.ha}^{-1}\text{)}}{\text{انرژی نهاده (MJ.ha}^{-1}\text{)}}$
معادله (۳)	$\text{بهره وری انرژی} = \frac{\text{ستانده (kg.ha}^{-1}\text{)}}{\text{انرژی نهاده (MJ.ha}^{-1}\text{)}}$
معادله (۴)	$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی نهاده (MJ.ha}^{-1}\text{)}}{\text{ستانده (kg.ha}^{-1}\text{)}}$

محاسبه شاخص‌های اقتصادی

بیشتر به علت تعدد عبور ماشین از مزرعه، با سهم بیشتری از انرژی غیرمستقیم ماشین‌ها مواجه است.

در حالی که تیمار مرسوم بیشترین مصرف انرژی سوخت دیزل را به خود اختصاص داده، تیمار بی‌خاک‌ورزی با بقایا کمترین مصرف را داشته است. انرژی مصرفی تیمارهای بی‌خاک‌ورزی بابقایا، کم‌خاک‌ورزی با کاشت بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی-کمبینات کاشت، بی‌خاک‌ورزی بدون بقایا و مرسوم به ترتیب ۵۷/۲۱۹۶۰، ۲۳۳۲۷/۳۸، ۲۳۳۲۸/۹۲، ۲۲۲۹۶/۲۴، ۲۴۹۲۸/۲۱ مگاژول در هکتار محاسبه شده است که در این بین سامانه بی‌خاک‌ورزی بابقایا کمترین و سامانه مرسوم بیشترین مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند.

تحلیل شاخص‌های انرژی

جدول ۳ شاخص‌های نسبت، بهره‌وری و شدت انرژی، انرژی مستقیم و غیرمستقیم، انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و انرژی سامانه‌ها، شامل انرژی غیرمستقیم ماشین، نیروی انسانی و انرژی مستقیم سوخت مصرفی ماشین‌ها مورد استفاده در هر سامانه، در تولید گندم در سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی بابقایا، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، کم‌خاک‌ورزی-کمبینات کاشت، بی‌خاک‌ورزی بدون بقایا و مرسوم را نشان می‌دهد.

همچنین مقایسه انرژی ورودی شامل انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید گندم دشت ناز در شکل ۱ ارائه شده است. انرژی‌های مستقیم شامل انرژی نهاده‌های سوخت دیزل، نیروی کارگری، الکتریسیته می‌باشد، درحالی‌که انرژی‌های غیرمستقیم شامل انرژی بذر، کود شیمیایی و انرژی ماشین می‌شود. همچنین منابع انرژی تجدیدپذیر در تولید گندم شامل نیروی کارگری و بذر است، درحالی‌که سایر نهاده‌ها به عنوان منابع انرژی تجدیدناپذیر شناخته می‌شوند (Heidari & Omid, 2011).

شاخص ابداعی انرژی سامانه‌ها برای نشان دادن بهتر تفاوت مصرف انرژی در سامانه‌ها که شامل انرژی حاصل از سوخت دیزل، انرژی غیرمستقیم ماشین و نیروی انسانی می‌باشد، در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج محاسبات انجام شده در تحقیق انجام شده در کشت و صنعت دشت ناز ساری نشان داد که بیش‌ترین میزان نسبت انرژی و بهره‌وری انرژی مربوط به تولید گندم هنگامی است که سامانه‌های کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات و کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی استفاده شود، به‌طوری‌که نسبت انرژی ستانده به انرژی نهاده در سامانه‌های سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات و سامانه

متغیر و سود خالص با کم کردن کل هزینه تولید از درآمد به‌ازای هر هکتار محاسبه شد. نسبت سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی به ترتیب از تقسیم درآمد و عملکرد بر کل هزینه تولید در واحد هکتار محاسبه می‌گردد. با توجه به نرخ تضمینی فروش گندم به‌ازای هر کیلوگرم، بهای گندم تولیدی در مقیاس یک هکتار محاسبه شد. با توجه به هزینه انجام شده برای هر تیمار و میانگین عملکرد گندم به‌دست آمده از هر تیمار در یک هکتار، قیمت تمام شده هر کیلوگرم گندم تولیدی برای هر سامانه به‌دست آمد. تقسیم سود ناویژه به درآمد حاصل از هر تیمار ضرب در ۱۰۰، درصد سود ناویژه به فروش را نشان می‌دهد. این شاخص کاربردی درصد سود حاصل از هر سامانه را به‌خوبی نشان می‌دهد (Pishgar-Komleh et al., 2012).

معادله (۵) هزینه متغیر ($\$/\text{ha}^{-1}$) - درآمد ($\$/\text{ha}^{-1}$) GR =

معادله (۶) هزینه کل ($\$/\text{ha}^{-1}$) / درآمد ($\$/\text{ha}^{-1}$) BCR =

معادله (۷) هزینه کل ($\$/\text{ha}^{-1}$) / عملکرد ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) P =

تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ۹.۱ و مقایسه میانگین با آزمون دانکن در سطح احتمال یک درصد و تحلیل‌های مربوط به بخش‌های انرژی و اقتصادی با نرم‌افزار Excel ۲۰۱۳ انجام شد.

نتایج و بحث

تحلیل مصرف انرژی

میانگین انرژی نهاده و ستانده برای کشت گندم در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، در بین پنج تیمار مرسوم، بی‌خاک‌ورزی بدون بقایا، کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات، کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، بی‌خاک‌ورزی با بقایا، تیمار مرسوم بیشترین انرژی مصرفی را داشته است. با توجه به اینکه هدف این تحقیق بررسی تفاوت مصرف انرژی در سامانه‌های مختلف ماشینی بوده است، لذا تمامی نهاده‌ها از جمله کود، بذر، سم و میزان آبیاری و غیره به‌جز ماشین‌ها و سوخت دیزل مصرفی برای تمامی تیمارها یکسان بوده، اختلاف ایجاد شده حاصل تفاوت استفاده از انرژی در بخش ماشین‌ها می‌باشد. در کشت مرسوم استفاده از گاوآهن و دوبار دیسک بیشتر، نسبت به سایر تیمارها خود عامل واضحی برای مصرف بیشتر انرژی می‌باشد. این در حالی است که مصرف سوخت دیزل پس از نیتروژن در تمام تیمارها بیشترین سهم مصرف انرژی را به خود اختصاص داده است. تیمار مرسوم علاوه‌بر مصرف سوخت

کم خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی به ترتیب برابر ۴/۵۸، ۴/۴۶ و تیمار مرسوم به ترتیب ۳/۵۹، ۳/۵۶ و ۲/۸۳ به دست آمد. برای سامانه‌های بی خاک‌ورزی با بقایا، بی خاک‌ورزی بدون بقایا و

جدول ۲- مقایسه میانگین انرژی نهاده‌ها و ستانده تحت تأثیر نظام‌های خاک‌ورزی در کشت گندم

Table 2- Mean comparisons for energy inputs and outputs affected as tillage systems in wheat cultivation

عنوان Title (unit)	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage) (MJ.ha ⁻¹)	بی خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants) (MJ.ha ⁻¹)	کم خاک‌ورزی کمینات Minimum tillage using combine (MJ.ha ⁻¹)	کم خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی Minimum tillage using no tillage planting machine (MJ.ha ⁻¹)	بی خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants (MJ.ha ⁻¹)
نیروی کارگری Human labor	29.68 ^{a*}	28.65 ^b	30.50 ^c	31.35 ^c	27.73 ^b
ماشین‌ها Machinery	380.18 ^a	252.90 ^b	314.97 ^c	341.93 ^d	226.25 ^e
سوخت دیزل Diesel fuel	6780.11 ^a	4403.83 ^b	5310.42 ^c	5254.12 ^c	4122.28 ^d
سموم شیمیایی Chemical pesticides:					
علف کش، قارچ کش و حشره کش Herbicide, fungicidal and insecticidal	336 ^a	336 ^a	336 ^a	336 ^a	336 ^a
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers					
نیتروژن (N) Nitrogen (N)	10807.93 ^a	10807.93 ^a	10807.93 ^a	10807.93 ^a	10807.93 ^a
فسفات (P ₂ O ₅) Phosphate (P ₂ O ₅)	1704.28 ^a	1704.28 ^a	1704.28 ^a	1704.28 ^a	1704.28 ^a
گوگرد (S) Sulfur (S)	32.52 ^a	32.52 ^a	32.52 ^a	32.52 ^a	32.52 ^a
پتاسیم (K ₂ O) Potassium (K ₂ O)	1115 ^a	1115 ^a	1115 ^a	1115 ^a	1115 ^a
کود مایع Liquid fertilizer	408 ^a	408 ^a	408 ^a	408 ^a	408 ^a
الکتریسیته Electricity	420.3 ^a	420.3 ^a	420.3 ^a	420.3 ^a	420.3 ^a
بذر Seed	2534 ^a	2534 ^a	2534 ^a	2534 ^a	2534 ^a
مجموع انرژی نهاده Total energy inputs	24928.21 ^a	22296.24 ^b	23328.92 ^c	23327.38 ^c	21960.57 ^d
ستانده Output					
انرژی ستانده Output energy	70650 ^a	79481.25 ^b	106956.25 ^c	104208.75 ^d	78892.5 ^b

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

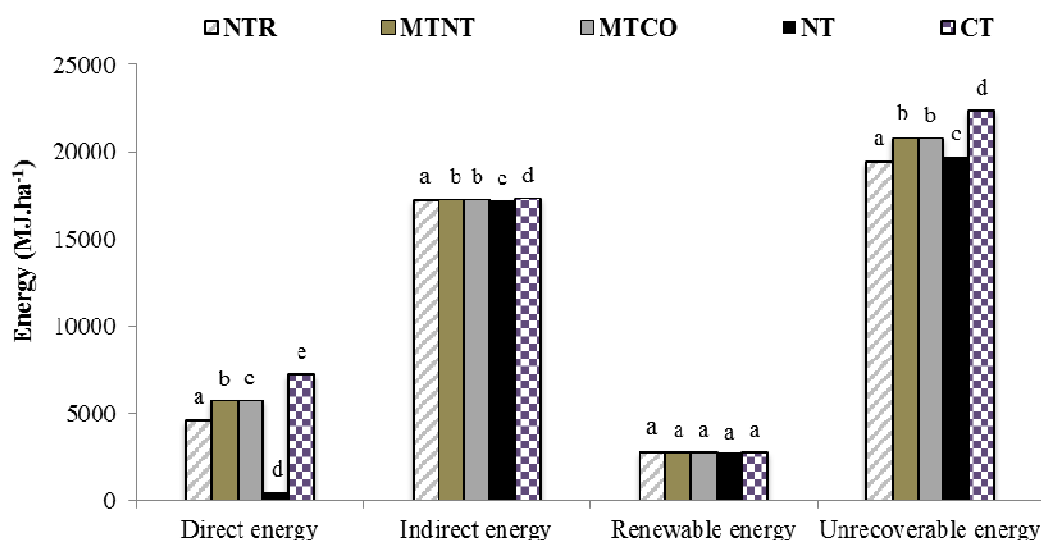
* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

حداقل بوده است. این نتایج حکایت از این دارد که تولید یک کیلوگرم گندم در سامانه‌های مرسوم و سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات بیشترین و کمترین انرژی مصرفی را دارد.

از جمله راهکارهای مدیریتی برای کاهش استفاده از انرژی در این پژوهش می‌توان به بهینه‌سازی انرژی و مدیریت صحیح نهاده‌ها، بهبود کارایی مصرف کودها و سموم شیمیایی اشاره کرد (Strapatsa et al., 2006). همچنین با توجه به پایین بودن قیمت انرژی و پرداخت یارانه به مصرف‌کنندگان انرژی، سیاست‌های جدید دولت در جهت حذف یارانه‌های الکتریسیته، سوخت و کود شیمیایی، می‌تواند رشد بی‌رویه استفاده از نهاده‌ها را کاهش داده و بهره‌برداران را به سمت استفاده کاراتر از نهاده‌ها سوق دهد (Khoshroo et al., 2013; Mohammadi & Mehry, 2015).

بر اساس مطالعات انجام شده، نسبت انرژی برای تولید محصولات کشاورزی برابر ۴/۸ برای پنبه، ۳/۸ برای ذرت، ۲/۸ برای گندم، ۱/۵ برای کنجد (Canakci et al., 2005) و ۲/۹ و ۲/۱۷ به ترتیب برای تولید کلزا و آفتابگردان در استان فارس- (Sheikh Davoodi & Houshyar, 2009) گزارش شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد، نسبت انرژی کشت مرسوم گندم در کشت و صنعت دشت ناز ساری مطابق با نتیجه تحقیقات انجام شده دیگر می‌باشد (Canakci et al., 2005).

بر اساس نتایج، کشت گندم با استفاده از سامانه‌های حفاظتی دارای نسبت انرژی بهتری نسبت به سامانه مرسوم هم‌مین کشت و صنعت می‌باشد. نتایج همچنین نشان داد که تولید گندم در روش مرسوم بیشترین شدت انرژی را داشته، درحالی‌که این شاخص برای تولید این محصول در روش سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات



شکل ۱- شاخص‌های انرژی مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در کشت گندم

Fig. 1- Indicators of direct, indirect, renewable and non-renewable energy in wheat cropping

CT: خاک‌ورزی مرسوم، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا. میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combine, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants. Means with the same letters are not significantly different at 1% level

جدول ۳- شاخص‌های انرژی سامانه‌های خاک‌ورزی در کشت گندم
Table 3- Energy indices of tillage systems in wheat cultivation

عنوان Title	واحد Unit	سامانه‌های خاک‌ورزی Tillage systems				
		خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage (MJ.ha ⁻¹)	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants (MJ.ha ⁻¹)	کم‌خاک‌ورزی کمبینات Minimum tillage using combine (MJ.ha ⁻¹)	کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی Minimum tillage using no tillage planting machine (MJ.ha ⁻¹)	بی‌خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants (MJ.ha ⁻¹)
نسبت انرژی Energy ratio	-	2.83 ^{a*}	3.56 ^b	4.58 ^c	4.46 ^d	3.59 ^b
بهره‌وری انرژی Energy efficiency	kg.MJ ⁻¹	0.18 ^a	0.227 ^b	0.292 ^c	0.284 ^d	0.228 ^b
شدت انرژی Intensity of energy	MJ.kg ⁻¹	5.539 ^a	4.404 ^b	3.424 ^c	3.514 ^c	4.37 ^b
انرژی مستقیم Direct energy	GJ.ha ⁻¹	7.23 ^a	4.85 ^b	5.76 ^c	5.70 ^c	4.57 ^e
انرژی غیرمستقیم Indirect energy	GJ.ha ⁻¹	17.31 ^a	17.19 ^b	17.25 ^c	17.27 ^c	17.16 ^b
انرژی تجدید پذیر Renewable energy	GJ.ha ⁻¹	2.78 ^a	2.78 ^a	2.78 ^a	2.78 ^a	2.78 ^a
انرژی تجدیدناپذیر Unrecoverable energy	GJ.ha ⁻¹	22.36 ^a	19.73 ^b	20.76 ^c	20.76 ^c	19.39 ^d
انرژی سامانه‌ها (ماشین، دیزل، انسانی) Energy Systems (Machinery, Diesel, Human)	GJ.ha ⁻¹	7.18 ^a	4.68 ^b	5.65 ^c	5.62 ^c	4.37 ^d

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

اختلاف معنی‌داری در بین روش‌های مختلف وجود دارد. شکل‌های ۲ و ۳ نتایج مقایسه میانگین عملکرد گندم و انرژی ستانده در تولید گندم با روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر اساس آزمون دانکن را به شکل نمودار نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که سامانه‌های سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات و سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی نسبت به سایر سامانه‌ها در عملکرد تولید گندم و انرژی ستانده برتری دارند، همچنین این دو سامانه بر اساس آزمون دانکن، با سایر سامانه‌ها اختلاف معنی‌دار دارند، اما بین این دو سامانه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. همچنین بین سه سامانه دیگر اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. همچنین در تحقیقی دیگر که چهار نوع مدیریت در مزارع گندم شامل دیم بدون خاک‌ورزی، دیم با خاک‌ورزی، آبی بدون خاک‌ورزی

همان‌طور که نتایج در شکل ۱ نشان داده شد، انرژی تجدیدپذیر و غیرمستقیم در هر پنج سامانه مقادیر تقریباً یکسانی دارند، در حالی که انرژی مستقیم و تجدیدناپذیر سامانه مرسوم بیشترین مقدار و دو سامانه بی‌خاک‌ورزی کمترین مقدار را داشته است. با توجه به جدول ۴ که نشان‌دهنده تجزیه واریانس عملکرد دانه گندم و انرژی ستانده در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی می‌باشد، اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه و انرژی ستانده گندم در روش‌های مختلف خاک‌ورزی وجود دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، عملکرد گندم در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی مقدار آماره F برابر با ۷/۶۶ می‌باشد، که بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در روش‌های مختلف برداشت برای این شاخص می‌باشد. همچنین برای انرژی ستانده گندم در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی،

اثر مستقیم می‌گذارد (Shamabadi, 2013). در پژوهشی اثر خاک‌ورزی مرسوم و کم‌خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گندم برای کشت کلزا بررسی شد. نتایج نشان داد که وجود بقایا منجر به افزایش ماده آلی خاک شد. همچنین کم‌خاک‌ورزی با وجود بقایا موجب افزایش ۲۴ درصدی در عملکرد دانه نسبت به روش مرسوم بدون وجود بقایا شد (Abdullah, 2014).

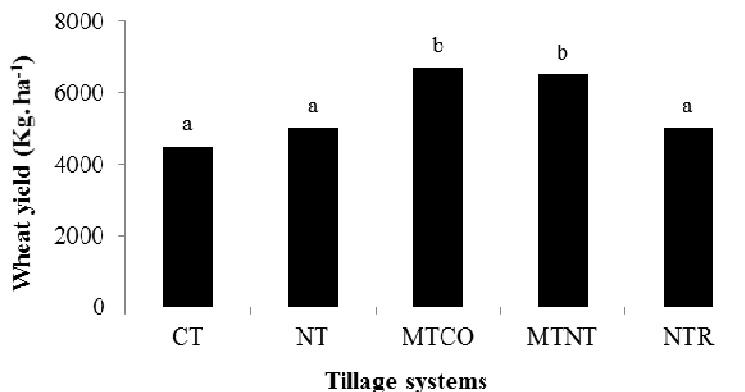
و آبی با خاک‌ورزی در نظر گرفته شده بود، مقایسه متوسط عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاک‌ورزی و کمترین آن مربوط به کشت دیم با خاک‌ورزی بود (Kazemi et al., 2016). علت افزایش عملکرد در شرایط کم‌خاک‌ورزی را می‌توان به دلیل بیشتر بودن رطوبت موجود در خاک در روش کم‌خاک‌ورزی دانست. زیرا عملیات خاک‌ورزی، با تغییر در روش آماده‌سازی و شرایط خاک، بر رطوبت خاک و عملکرد محصول

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و انرژی ستانده گندم در استفاده از سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی
Table 4- Analysis of variance (mean of squares) of wheat seed yield and output energy in using different tillage systems

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Seed yield	انرژی ستانده Output energy
سامانه‌های خاک‌ورزی Tillage systems	4	4375812.5**	1078594023**
خطا Error	12	570979.17	140740655
ضریب تغییرات CV (%)	–	13.47	13.47

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

** and ns: Significant at 1% of probability levels and not significant, respectively.

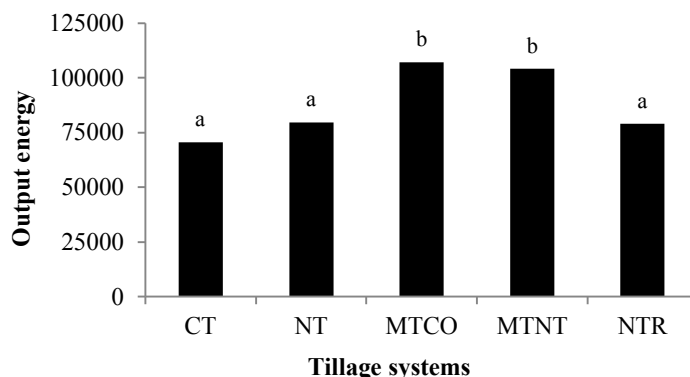


شکل ۲- مقایسه عملکرد دانه گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی

Fig. 2- Mean comparisons for seed yield of wheat affected as different tillage systems

CT: خاک‌ورزی مرسوم، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمباینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا. میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combine, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants. Means with the same letters are not significantly different at 1% level



شکل ۳- مقایسه انرژی خروجی سامانه‌ها در نظام تولید گندم

Fig. 3- Comparison of the output energy of systems in wheat production system

CT: خاک‌ورزی مرسوم، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا. میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combine, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants. Means with the same letters are not significantly different at 1% level

به تفصیل آمده است. سامانه MTCO با بیشترین عملکرد دانه گندم و هزینه کم برای نهاده‌ها به‌ویژه سوخت دیزل و ماشین و نیروی انسانی بیشترین بهره‌وری اقتصادی را در بین سامانه‌های خاک‌ورزی گندم داشته است. سامانه کم‌خاک‌ورزی با کارنده کمبینات با متوسط عملکرد ۶۸۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار و با وجود اندک هزینه بیشتر نسبت به سامانه NTR، به دلیل چیرگی عملکرد بیشتر، بالاتر از سایر سامانه‌ها در این شاخص قرار گرفت.

همان‌طور که جدول ۶ نشان می‌دهد، با توجه به نرخ تضمینی فروش گندم بر پایه ۱۱۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم، بهای گندم تولیدی هر تیمار مورد آزمایش در مقیاس یک هکتار محاسبه شد. با توجه به هزینه انجام شده برای هر تیمار و میانگین عملکرد گندم به‌دست آمده از هر تیمار در یک هکتار، قیمت تمام شده هر کیلوگرم گندم تولیدی برای هر سامانه به‌دست آمد و درصد سود ناویژه به فروش محاسبه شد که درصد سود حاصل از هر سامانه را به‌خوبی نشان می‌دهد (شکل ۷). همین‌طور نتایج نشان می‌دهد، بیشترین و کمترین بهای فروش متعلق به سامانه‌های MTCO و CT می‌باشد. قیمت تمام شده هر کیلوگرم گندم برای سامانه مرسوم ۶۶۱۰/۸ ریال به‌دست آمده که با در نظر گرفتن نرخ تضمینی فروش ۱۱۵۰۰ ریال برای هر کیلوگرم، به‌ازای هر کیلو ۴۴۸۰/۲ ریال سود عاید می‌شود، این در حالی است که این عدد برای سامانه MTCO، ۷۱۵۰/۸ ریال سود به‌ازای هر کیلوگرم به‌دست می‌آید.

تحلیل شاخص‌های اقتصادی

جدول ۵ بیانگر محاسبه شاخص‌های اقتصادی تولید گندم در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی می‌باشد. مطابق با نتایج مشاهده می‌گردد که سامانه MTCO از نظر اقتصادی بهترین وضعیت را نسبت به سایر سامانه‌های خاک‌ورزی از نظر شاخص‌های سود ناخالص، سود ناویژه و بهره‌وری دارا است، که به‌ترتیب ۵۹۵۷۹۱۱۰، ۴۸۷۶۴۰۹۰ ریال در هکتار و ۰/۰۰۰۲۳ کیلوگرم بر ریال به‌دست آمده‌اند. برای شاخص BCR نیز که بیانگر نسبت درآمد به هزینه کل یا همان سود-هزینه می‌باشد، نتایج مشابهی با سایر شاخص‌های بالا به‌دست آمده است، مقدار این شاخص برای سامانه MTCO، ۲/۶۴۸ حاصل شده است. همچنین سامانه MTNT از نظر اقتصادی در شاخص‌های محاسبه‌شده با اختلاف کمی پس از سامانه MTCO وضعیت بهتری نسبت به سایر سامانه‌ها دارد. در شکل ۸ و ۹ اختلاف شاخص‌های سود ناخالص و سود ناویژه در سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی نشان داده شده است.

این شکل‌ها نیز برتری سامانه MTCO را ملموس‌تر می‌کند. سامانه MTNT با ۲۰۵۰۰۰۰ ریال در هکتار، سود ناخالص و ناویژه کمتر از سامانه MTCO، نسبت به سایر سامانه‌ها در این دو شاخص برتری دارد. همچنین در این پژوهش با توجه به درآمد هر سامانه و هزینه کل صرف شده برای هر سامانه در واحد هکتار، شاخص سود به هزینه محاسبه شد. مقادیر این شاخص برای هر سامانه در جدول ۶

جدول ۵- مقایسه میانگین شاخص‌های اقتصادی در سامانه‌های خاک‌ورزی در کشت گندم

Table 5- Mean comparisons for economic indicators in tillage systems in wheat cultivation

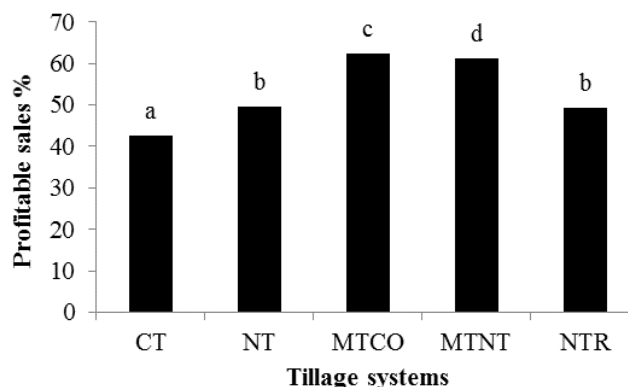
شاخص‌های اقتصادی Economic indicators	واحد Unit	سامانه‌های خاک‌ورزی Tillage systems				
		خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage (MJ.ha ⁻¹)	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants (MJ.ha ⁻¹)	کم‌خاک‌ورزی کم‌بینات Minimum tillage using combine (MJ.ha ⁻¹)	کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی Minimum tillage using no tillage planting machine (MJ.ha ⁻¹)	بی‌خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants (MJ.ha ⁻¹)
سود ناخالص Gross profit	Rial.ha ⁻¹	30780690.70 ^{a*}	37610380.14 ^b	57579110.86 ^c	55527550.3 ^d	37283300.65 ^b
سود ناویژه Unprofitable profit	Rial.ha ⁻¹	21965670.7 ^a	28795360.14 ^b	48764090.86 ^c	46712530.30 ^d	28468280.65 ^b
درآمد به هزینه کل Income to total cost	-	1.737 ^a	1.978 ^b	2.648 ^c	2.577 ^c	1.970 ^b
بهره‌وری اقتصادی Economic efficiency	kg.Rial ⁻¹	0.00015 ^a	0.00017 ^a	0.00023 ^c	0.00022 ^c	0.00017 ^a

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

که سامانه‌های بی‌خاک‌ورزی نیز عملکرد خوبی در این شاخص‌ها داشته‌اند. در مجموع، سامانه‌های حفاظتی در شاخص‌های سود ناخالص، سود ناویژه، سود به هزینه، بهره‌وری، درصد سود ناویژه به فروش به ترتیب سامانه‌های MTCO، MTNT، NT، NTR و در آخر CT دارای مقادیر بیشینه تا کمینه این شاخص‌های اقتصادی می‌باشند. کاربرد روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی جهت حفاظت از خاک زراعی و کاهش مصرف سوخت که با حداقل کردن تردد ماشین در مزرعه حاصل می‌شود، علاوه بر مصرف بهینه سوخت‌های فسیلی باعث کاهش چشمگیر اثرات زیست‌محیطی حاصل از کشاورزی می‌شود. همچنین کاهش مصرف سوخت تأثیر مثبتی بر کاهش هزینه‌ها می‌گذارد. با توجه به اینکه در کشت و صنعت‌ها، هزینه انرژی سهم بزرگی از هزینه‌ها را شامل می‌شود، استفاده مؤثر از انرژی علاوه بر ذخیره منابع انرژی برای نسل‌های آینده به افزایش سودآوری نیز کمک شایانی می‌کند (Pishgar-Komleh et al., 2012).

ادامه محاسبه این ارقام و مقایسه‌های بین سامانه‌ها نشان می‌دهد که شاخص درصد سود ناویژه به فروش بهتر می‌تواند اختلافات بین سامانه‌های مورد آزمایش را نمایان کند. سامانه‌های MTCO و MTNT با ۶۲/۲۴ و ۶۱/۱۹ درصد بیشترین درصد سود را برای کشت و صنعت خواهند داشت. این در حالی است که کشت و صنعت مذکور در سال ۹۷، گندم کاشته شده با سامانه CT حاصل از ۹۸۲ هکتار از اراضی خود را با قیمت ۱۱۵۰۰ ریال به‌ازای هر کیلوگرم و با عملکرد حدود ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار به فروش رسانده که در این حالت درصد سود ناویژه به فروش برای کشت و صنعت ۴۳ درصد محاسبه شده است. کما اینکه در مطالعه حاضر نیز برای تیمار مرسوم این آزمایش به همین نتایج رسیده شد. اختلاف ۲۰ درصدی این شاخص بین تیمارهای MTCO و MTNT با تیمار CT اختلاف قابل توجه و تأملی می‌باشد. با توجه به مقادیر به‌دست آمده برای شاخص‌های اقتصادی سامانه‌های حفاظتی در جدول ۵ و ۶ مشاهده می‌شود



شکل ۷- شاخص اقتصادی درصد سود ناویژه به فروش در کشت گندم

Fig. 7- The economic indicator of percentage of profitable sales in wheat crops

CT: خاک‌ورزی مرسوم، NT: بی‌خاک‌ورزی و بدون بقایا، MTCO: کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کمبینات، MTNT: کم‌خاک‌ورزی با کارنده بدون خاک‌ورزی، NTR: بی‌خاک‌ورزی و با بقایا.

میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

CT: Conventional tillage, NT: No tillage and no plant remnants, MTCO: Minimum tillage using combine, MTNT: Minimum tillage using no tillage planting machine, NTR: No tillage with plant remnants.

Means with the same letters are not significantly different at 1% level

جدول ۶- شاخص‌های اقتصادی کاربردی سامانه‌ها در کشت گندم

Table 6- Applied economic indicators of systems in wheat cultivation

	واحد	خاک‌ورزی مرسوم Conventional tillage (MJ.ha ⁻¹)	بی‌خاک‌ورزی بی بقایا No tillage and no plant remnants (MJ.ha ⁻¹)	کم‌خاک‌ورزی کمبینات Minimum tillage using combine (MJ.ha ⁻¹)	کم‌خاک‌ورزی بدون بقایا Minimum tillage using no tillage planting machine (MJ.ha ⁻¹)	بی‌خاک‌ورزی با بقایا No tillage with plant remnants (MJ.ha ⁻¹)
بهای فروش Selling price	Rial/ha	51750000 a*	58218750 b	78343750 c	76331250 d	57787500 b
قیمت تمام شده هر کیلوگرم The finished price per kg	Rial/kg	6610.8 a	5810.2 b	4340.2 c	4460.2 d	5830.4 b
درصد سود ناویژه به فروش Percentage of profitable sales	%	42.44 a	49.46 b	62.24 c	61.19 c	49.26 b

* میانگین‌های با حروف مشابه دارای اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد نمی‌باشند.

* Means with the same letters are not significantly different at 1% level.

نتیجه‌گیری

۳/۴۲ مگاژول بر کیلوگرم شدت انرژی بهترین سامانه برای کشت

گندم از نظر شاخص‌های انرژی گزارش می‌شود.

سامانه NTR با مصرف انرژی مستقیم ۴۵۷۰، غیرمستقیم

۱۷۱۶۳، تجدیدپذیر ۲۵۶۱ و تجدیدناپذیر ۱۹۳۹۸ و همچنین انرژی

در کشت گندم، سامانه MTCO، بالاترین عملکرد دانه گندم و

همچنین در بخش شاخص‌های انرژی، این سامانه با مقادیر ۴/۵۸

نسبت انرژی، ۰/۲۹ کیلوگرم بر مگاژول بهره‌وری انرژی و همچنین با

سود ناخالص بیشتر نسبت به سامانه NTR، برتری دارد. سامانه MTCO از لحاظ شاخص‌های سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی نیز با اختلاف ۳۴/۴ درصد نسبت به سامانه CT، بهترین وضعیت را در بین پنج سامانه دارا می‌باشد. به‌طور کلی، برای همه شاخص‌های سود ناخالص، سود ناویژه، سود به هزینه، بهره‌وری، درصد سود ناویژه به فروش به‌ترتیب سامانه‌های MTCO، MTNT، NT، NTR و CT دارای مقادیر بیشینه تا کمینه می‌باشند. با این تفاسیر سامانه MTCO با برتری در شاخص‌های انرژی و اقتصادی، گزینه بهینه برای خاک‌ورزی و کاشت گندم در شرایط بومی کشت و صنعت دشت ناز ساری معرفی می‌شود.

سامانه‌ها ۴۳۷۶ مگاژول بر هکتار، در مجموع کم مصرف‌ترین سامانه از لحاظ انرژی بوده است، اما دارای عملکرد پایین دانه گندم ۵۰۲۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. با نگاهی به مقادیر به‌دست آمده برای شاخص‌های اقتصادی سامانه‌های حفاظتی در کشت گندم، می‌توان دریافت، سامانه‌های NT و NTR در شاخص‌های سود به هزینه و بهره‌وری اقتصادی، به‌ترتیب با ۱۳/۸ و ۱۳/۴ درصد برتری نسبت به سامانه CT و همچنین به‌ترتیب با ۲۲ و ۲۱ درصد سود ناخالص بیشتر در مقایسه با سامانه CT، هر دو سامانه عملکرد قابل قبولی را در این شاخص‌ها از خود نشان دادند.

در بخش شاخص‌های اقتصادی با وجود هزینه تولید کمتر برای سامانه NTR، سامانه MTCO با ۲۶ درصد عملکرد و بهای فروش بالاتر و ۲۵/۵ درصد بهای تمام شده کمتر و همچنین ۳۵/۲ درصد

References

- Abdullah, A.S., 2014. Minimum tillage and residue management increase soil water content, soil organic matter and canola seed yield and seed oil content in the semiarid areas of Northern Iraq. *Soil and Tillage Research* 144: 150-155.
- Afzalnia, S., Dehghanian, S.E., and Talati, M.H., 2009. Effect of conservation tillage on soil physical properties, fuel consumption, and wheat yield. 4th Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering, 1-3 October 2009. Rousse, Bulgaria.
- Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A., 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. *Energy conversion and Management* 46(4): 655-666.
- Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., and Gündüz, O., 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy* 32(1): 35-41.
- Eskandari, I., Navid, H. and Rangzan, K., 2016. Evaluating spectral indices for determining conservation and conventional tillage systems in a vetch-wheat rotation. *International Soil and Water Conservation Research* 4(2): 93-98.
- Heidari, M.D. and Omid, M., 2011. Energy use patterns and econometric models of major greenhouse vegetable productions in Iran. *Energy* 36: 220-225.
- Kazemi, H., Alizadeh, P., and Nehbandani, A., 2016. Assessing energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekourd township under two tillage systems. *Agroecology* 8(2): 281-295. (In Persian with English Summary)
- Khan, S., Shah, A., Nawaz, M., and Khan, M., 2017. Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 17(1): 240-252.
- Khoshroo, A., Mulwa, R., Emrouznejad, A., and Arabi, B., 2013. A non-parametric data envelopment analysis approach for improving energy efficiency of grape production. *Energy* 63: 189-194.
- Larney, F.J., Lindwall, C.W., Izaurralde, R.C., and Moulin, A.P., 2017. Tillage systems for soil and water conservation on the Canadian prairie. In: *Conservation tillage in temperate agroecosystems* (305-328). CRC Press.
- Loghmani, A., Asoudar, M., Nouriani, H., and Abrush, A., 2009. Effect of tillage systems and weed control on wheat yield in Dezful region. 2nd Regional congress of Agricultural Sciences and Food Technology. Islamic Azad University of Fasa Branch, Iran. 10 December 2009. (In Persian with English Summary)
- Mobtaker, H.G., Keyhani, A., Mohammadi, A., Rafiee, S., and Akram, A., 2010. Sensitivity analysis of energy inputs for barley production in Hamedan Province of Iran. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137(3-4): 367-372.

- Mohammadi, H. and Mehry, M., 2015. An analysis of improving energy use with data envelopment analysis in horticultural products in Yazd province: Case study pistachio. *QEER*. 2015; 11(46): 113-134.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., Qasemi-Kordkheili, P., Kouchaki-Penchah, H., and Riahi-Dorcheh, F., 2016. Applying optimization techniques to improve of energy efficiency and GHG (greenhouse gas) emissions of wheat production. *Energy* 103: 672-678.
- Pishgar-Komleh, S.H., Keyhani, A., Mostofi-Sarkari, M.R. and Jafari, A., 2012. Energy and economic analysis of different seed corn harvesting systems in Iran. *Energy* 43(1): 469-476.
- Sardar, M., Behdani, M., Eslami, V., and Mahmodi, S., 2015. The effect of soil disturbance methods and weeds control on the density and distribution of cotton's (*Gossypium hirsutum*) weeds after wheat. *Agroecology* 7(2): 254-266. (In Persian with English Summary)
- Shamabadi, Z., 2012. Evaluating reduced tillage methods on energy productivity and rained wheat yield. *Journal of Soil and Water Resources Conservation* 1(3): 69-78. (In Persian with English Summary)
- Shamabadi, Z., 2013. Investigation of minimum tillage methods on energy use efficiency and yield of dryland wheat. *Journal of Soil and Water Resources Conservation* 3: 69-77. (In Persian with English Summary)
- Sheikh-Davoodi, M.J., and Houshyar, E., 2009. Energy consumption of canola and sunflower production in Iran. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 6(4): 381-384.
- Strapatsa, A.V., Nanos, G.D. and Tsatsarelis, C.A., 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agriculture, ecosystems & environment* 116(3-4): 176-180.
- Tipi, T., Çetin, B., and Vardar, A., 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. *Journal of Food, Agriculture and Eenvironment* 7(2): 352-356.
- Unakitan, G., Hurma, H., and Yilmaz, F., 2010. An analysis of energy use efficiency of canola production in Turkey. *Energy* 35(9): 3623-3627.
- Zhang, X.Q., Pu, C., Zhao, X., Xue, J.F., Zhang, R., Nie, Z.J., Chen, F., Lal, R., and Zhang, H.L., 2016. Tillage effects on carbon footprint and ecosystem services of climate regulation in a winter wheat–summer maize cropping system of the North China Plain. *Ecological indicators* 67: 821-829.



Analysis of Economic and Energy Indicators in Different Methods of Protective Tillage in Wheat Cultivar (Case Study: Dasht-e Naz Sari Agro-Industrial Company)

M. Sharifi^{1*}, S. Soodmand-Moghaddam², M. Izadi² and R. Abbaszadeh³

Submitted: 28-06-2019

Accepted: 24-12-2019

Sharifi, M., Soodmand-Moghaddam, S., Izadi, M., and Abbaszadeh, R., 2021. Analysis of economic and energy indicators in different methods of protective tillage in wheat cultivar (Case study: Dasht-e Naz Sari agro-industrial company). Journal of Agroecology 13(2):195-210.

Introduction

Conservation agriculture is a powerful factor in accessing future food needs. Protective agricultural practices can preserve and regenerate soil. Conservation tillage is a method for managing droughts to maintain ground water, as well as reducing agricultural production costs and increasing soil organic matter. According to the research, about 60% of the mechanical energy used in mechanized agriculture is related to soil tillage operations. The precision of the use of field implements and logs is important for any kind of tillage equipment (Larney et al., 2017). Appropriate tillage methods, depending on the soil type and climatic conditions, can be effective in achieving suitable water conditions in the soil. When the soil is facing limited water supply, tillage is done to maximize soil moisture retention. Energy consumption analysis can show how to reduce energy input into the production system and increase energy efficiency. In order to deal with and prevent such a situation, conservation is considered as an effective solution in many countries of the world. One of the basic goals of each production sector, such as agriculture, is to increase production and reduce costs. Therefore, it is important to determine economic indicators by determining production costs and yield, as well as determining the ratio of profit to cost (Erdal et al., 2007). In this research, the energy and economic indices and seed yield for different protective tillage systems of wheat cultivation with wheat yield approach were compared.

Material and Methods

In this research, the state of energy consumption and economic efficiency of different tillage systems in native conditions of agricultural plain of Naz was investigated for wheat. Tillage systems included conventional tillage (CT), no tillage and no plant remnants (NT), minimum tillage using combine (MTCO), minimum tillage using no tillage planting machine (MTNT), no tillage with plant remnants (NTR). The purpose of this study was to study the energy consumption and economic efficiency of different soil tillage systems in native conditions of Naz Sardinia plain.

Results and Discussion

In wheat cultivation, the MTCO system had the highest wheat grain yield and energy indices, the system with a ratio of 4.84 to 4.9% energy, to 29.9 kg.MJ⁻¹ of energy efficiency, and to 3.42 MJ.kg⁻¹ of intensity Energy is the best system for wheat cultivation in terms of energy indicators. The NTR system with direct energy consumption of 4570, indirect 17163, renewable 2561 and non-renewable 19398, as well as energy systems of 4376 MJ.ha⁻¹, in general, was the least energy-consuming system in terms of energy, but had a low yield of 5025 kg.ha⁻¹ of wheat Should be. Looking at the obtained values for economic indicators of protective systems in

1. Associate Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. M.Sc. Student, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST), Tehran, Iran.

(* - Corresponding Author Email: m.sharifi@ut.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v13i2.81534

wheat cultivation, NT and NTR systems in profit and cost indicators and economic productivity are respectively 13.8 and 13.4% higher than the CT system, and also with 22 and 21% higher gross profit compared to the CT system, both showed acceptable yield for these indices. Also, in the Economic Indicators section, despite the lower cost of production for the NTR system, the MTCO system has 26% higher performance and higher sales prices and 25.5% lower than the NTR system and 35.2% more gross margin than the NTR system. MTCO system has the best status among 5 systems in terms of profit-to-cost and economic efficiency indices with 34.4% difference compared to CT system. In general, MTCO, MTNT, NT, NTR and CT systems are maximal to minimum for all gross profit, gross margin, profit-to-cost, profitability, and sales margins, respectively.

Conclusion

Eventually, the MTCO system, with its superiority in energy and economic indicators, was introduced as the optimal option for tillage and planting of wheat in the native conditions of the agricultural plains of Naz.

Keywords: Agricultural method; Management solution; Native conditions; Store moisture



مقاله علمی - پژوهشی

برآورد پیامدهای زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان تحت مدیریت رایج

علیرضا کوچکی^{۱*}، سرور خرم دل^۲ و لیلا جعفری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۵/۱۳

کوچکی، ع.، خرم دل، س.، و جعفری، ل.، ۱۴۰۰. برآورد پیامدهای زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان تحت مدیریت رایج. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۱۱-۲۳۵.

چکیده

اگرچه تولید و عملکرد محصولات کشاورزی در قرن اخیر بهبود یافته و این امر موجب افزایش تولید غذا شده است، ولی این دستاوردها مشکلات اجتماعی و زیست‌محیطی زیادی را برای سلامت انسان و سایر موجودات زنده نظیر شور شدن و اسیدی شدن، آب‌شویی نیترات و تولید گازهای گلخانه‌ای به همراه داشته است. این تحقیق، با هدف تعیین پیامدهای زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی تحت مدیریت رایج و فشرده در سه استان خراسان رضوی، جنوبی و شمالی اجرا شد. پیامدهای زیست‌محیطی کشاورزی فشرده در شش گروه خسارت به سرمایه‌های طبیعی شامل آب، هوا، خاک، تنوع زیستی و سلامت انسان تحت تأثیر مصرف کودها، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی اندازه‌گیری و برآورد شد. نتایج نشان داد که با گذشت زمان روند کاهشی برای میزان توزیع، به‌کارگیری و مصرف سموم شیمیایی به‌منظور کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان مشاهده شد. میانگین نیتروژن نیتراتی نمونه‌های آب در اراضی کشاورزی بالاتر از حد مجاز ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر بود. باقی‌مانده دیازینون و آزنفوس متیل در آب آبیاری به‌ترتیب برابر با $23/18 \pm 16/35$ و $15/78 \pm 0/68$ میلی گرم بر کیلوگرم بود. بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل CH_4 ، CO_2 و N_2O به اتمسفر برای استان خراسان رضوی به‌ترتیب 633060.52 ، 4005 و 419 کیلوگرم برآورد گردید. میانگین غلظت نیترات خاک از حد بحرانی نیترات بالاتر بود. محتوی کربن آلی خاک در زیستگاه طبیعی و مرتع بالاتر از اراضی زراعی تعیین گردید. اگرچه تعداد کل کندوی زنبور عسل با گذشت زمان افزایش یافت، ولی طی سال‌های اخیر تعداد کندوهای بومی زنبورهای عسل در هر سه استان به صفر کاهش یافت. مقدار حداکثر دامنه نیترات برای گوجه‌فرنگی، بادمجان، خیار و اسفناج در مقایسه با حد مجاز نیترات در این محصولات به‌ترتیب برابر با $1/4$ ، $0/75$ ، $17/15$ و $7/38$ درصد بالاتر بود. در مورد چغندرقد نیز حد بالا و پایین دامنه آن از مقدار مجاز نیترات پایین‌تر بود. همچنین، غلظت نیترات در سبزی‌های برگی بالاتر از محصولات جالیزی است. بالاترین میزان تلفات عناصر نیتروژن و فسفر مربوط به استان خراسان رضوی بود.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش، حد مجاز، حد بحرانی، کشاورزی فشرده، گاز گلخانه‌ای

مقدمه

شیمیایی، محیط زیست را آلوده می‌کنند. کشاورزی رایج افزایش هزینه‌های خارجی و پیامدهای زیست‌محیطی زیادی را به دنبال دارد (Pretty et al., 1999). از طرف دیگر، اگرچه طی نیم قرن گذشته بوم‌نظام‌های زراعی رایج با اتکاء به نهاده‌های شیمیایی، به‌نژادی و بهره‌گیری از مکانیزاسیون نقش بسزایی در تولید مواد غذایی ایفا کرده‌اند، ولی تبعات ناشی از بهره‌برداری بی‌رویه از منابع و آسیب‌های زیست‌محیطی نگرانی‌های قابل توجهی را ایجاد نموده است (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008) که از آن جمله می‌توان به فرسایش، آلودگی آب، جنگل‌زدایی، زوال ساختارهای

بیشتر فعالیت‌های اقتصادی به‌دلیل استفاده بی‌رویه از منابع، سرمایه‌های طبیعی را تخریب کرده و با به‌کارگیری نهاده‌های

۱ و ۲- به‌ترتیب استاد و دانشیار گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۳- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران.

(*)- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v1i1.35461

مستقیم پرداخت نمی‌شود (Pretty et al., 1999; Pretty et al., 2000). اگرچه امکان محاسبه دقیق خسارات این پیامدها وجود ندارد و برخی دیگر از پیامدهای زیست‌محیطی همچون تأثیر سمیت آفت‌کش‌ها بر جوامع انسانی، اوتریفیکاسیون و بازسازی مجدد پرچین‌ها و چشم‌اندازها هم معمولاً کمتر از حد واقعی برآورد می‌شوند (Pretty et al., 2000). ولی با محاسبه آن‌ها می‌توان اثرات فعالیت‌های کشاورزی را برآورد و از طریق به‌کارگیری راهکارهای جایگزین مدیریتی خسارات وارده را جبران نمود.

اقتصاددانان روش‌هایی را برای برآورد هزینه‌های این پیامدها به‌کار می‌گیرند که در این روش‌ها، ارزش کالاها و خدمات به‌طور فرضی تعیین می‌شود (Brouwer, 1999; Hanley et al., 1999; Willis et al., 1993). چندین مطالعه به‌منظور برآورد این پیامدهای زیست‌محیطی در آلمان، انگلستان، هلند و آمریکا انجام شده است (Steiner et al., 1995; Pimentel et al., 1992; Pimentel et al., 1995; Fleischer & Waibel, 1998). نتایج برخی از این مطالعات نشان داده است که هزینه‌های خارجی بعضی زمین‌های زراعی و مراتع دائمی در آلمان ۱۱۷-۸۱ دلار به‌ازای یک هکتار است؛ در حالی که میزان این هزینه‌ها برای زمین‌های زراعی آمریکا ۲۷۴-۱۱۲ دلار برآورد شده است. هنلی و همکاران (Hanley et al., 1999) با بررسی و برآورد مطالعات سود-هزینه در برنامه‌ریزی‌های زیست‌محیطی-کشاورزی، تعیین پیامدهای زیست‌محیطی را برای بهبود شرایط اجتماعی و ارتقاء راهکارهای برنامه‌ریزی‌های زیست-محیطی توصیه نمودند. مطالعات اگلثورپ و همکاران (Oglethorpe et al., 2000) نیز نشان دادند که این تجزیه و تحلیل‌ها می‌تواند در توسعه سیاست‌گذاری‌ها برای بهبود راهکارهای مدیریتی در بوم‌نظام‌های زراعی مفید واقع گردد. پرتی و همکاران (Pretty et al., 2000) با کمی کردن هزینه‌های خارجی بوم‌نظام‌های زراعی فشرده بیان داشتند که با برآورد این هزینه‌ها می‌توان گامی مؤثر در راستای بهبود پاکسازی محیط زیست برداشت و راهکارهای مفیدی را در جهت کاهش خسارت به سرمایه‌های طبیعی و حفاظت از آن‌ها و بازیابی سلامت انسان ارائه نمود.

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت این نوع ارزیابی‌ها و از آنجا که تاکنون نتایج منتشر شده‌ای در ارتباط با پیامدهای زیست‌محیطی بوم-نظام‌های زراعی وجود ندارد، هدف از این تحقیق، تعیین پیامدهای زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی تحت مدیریت رایج و فشرده در

اجتماعی و تضعیف اقتصاد جوامع سنتی اشاره کرد (Mahdavi Damghani et al., 2005).

بنابراین، اگرچه افزایش عملکرد مهم‌ترین هدف در فعالیت‌های کشاورزی است، بایستی خدمات دیگری از قبیل چرخه آب و عناصر غذایی، ترسیب کربن، تنوع زیستی و تلطیف محیط و چشم‌اندازها نیز به‌صورت کمی در محاسبات لحاظ گردد. به‌عنوان مثال، به‌جای عملکرد، شاخص دیگری به‌نام کارکرد به‌کار گرفته شود. بدین ترتیب، کشاورزی از حالت تک‌کارکردی به موقعیت چند کارکردی^۱ ارتقاء داده می‌شود (Nassiri Mahallati et al., 2007). فرآیندهای کلیدی مانند چرخه‌های آب، کربن، عناصر غذایی و تولید اولیه که فرآیندهایی قابل اندازه‌گیری هستند (Tilman et al., 2002)، باعث بروز کارکردهایی می‌گردند که مبنای شکل‌گیری خدمات می‌باشند (Ghermandi et al., 2010). خدمات بوم‌نظام را در چهار گروه اصلی تأمین‌کننده^۲، تنظیم‌کننده^۳، فرهنگی^۴ و حمایتی^۵ تقسیم‌بندی می‌کنند (MEA, 2005; TEEB Foundations, 2010). نوریس و همکاران (Norris et al., 2010) در مقیاس جهانی ارزش سالانه ۱۷ مورد از خدمات بوم‌نظام را ۳۳ تریلیون دلار و ارزش سالانه خدمات کنترل بیولوژیکی در تولید گیاهان زراعی را بیش از ۴۰۰ میلیارد دلار در سال برآورد نمودند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2016) با برآورد ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولید گندم استان خراسان رضوی اظهار داشتند که خدمات اتمسفری ۶۵ درصد از ارزش کل خدمات را به خود اختصاص داد؛ در حالی که ارزش غذا و علوفه در مزارع ۲۱ درصد و تنوع زیستی ۹/۳ درصد را شامل شد.

بوم‌نظام‌های زراعی پیامدهای زیست‌محیطی^۶ نیز به همراه دارند که برخی از آن‌ها شامل تولید گازهای گلخانه‌ای، نشت بقایای کودها، آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی، فرسایش، کاهش تنوع زیستی و تخریب زیستگاه می‌باشند (Dale & Polasky, 2007; Syswerda, 2009). به هزینه‌های جانبی که تحت تأثیر استفاده از محیط زیست ایجاد می‌شود، هزینه‌های خارجی^۷ گفته می‌شود که ناشی از به‌کارگیری فعالیت‌های اقتصادی بوده و هزینه‌های آن‌ها به‌طور

- 1- Multifunctional
- 2- Provisioning services
- 3- Regulating services
- 4- Cultural services
- 5- Supporting services
- 6- Negative externalities
- 7- Externality costs

سه استان خراسان رضوی، جنوبی و شمالی بود.

مواد و روش‌ها

بخش اول) تغییرات سطح زیرکشت و توزیع نهاده‌ها

تغییرات سطح زیر کشت استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی با استفاده از اطلاعات آماری وزارت جهاد کشاورزی و میزان توزیع نهاده‌ها شامل کودها و سموم شیمیایی از طریق اطلاعات آماری وزارت جهاد کشاورزی و مراجعه حضوری به سازمان‌های مربوطه تعیین شد.

بخش دوم) کمی‌سازی پیامدهای زیست‌محیطی

برای کمی‌سازی پیامدهای زیست‌محیطی بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان از چهارچوب ارائه شده توسط پرتی و همکاران (Pretty et al., 2000) استفاده و پیامدهای زیست‌محیطی کشاورزی در شش گروه خسارت به سرمایه‌های طبیعی شامل آب، هوا، خاک و تنوع زیستی و سلامت انسان تحت تأثیر مصرف کودها، علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌های شیمیایی اندازه‌گیری و برآورد شد. البته این چهارچوب تنها شامل پیامدهای زیست‌محیطی ایجاد شده توسط فعالیت‌های کشاورزان بوده و سایر پیامدها از جمله افزایش مقاومت علف‌های هرز، افزایش جمعیت آفات ناشی از مصرف بی‌رویه سموم شیمیایی و دیگر هزینه‌ها را در بر ندارد.

گروه اول) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: آب

از آنجا که آفت‌کش‌ها، عناصر غذایی، برخی ضایعات مزارع کشاورزی و ریزجانداران از جمله عوامل اصلی مؤثر در ایجاد آلودگی آب‌های زیرزمینی و سطحی محسوب می‌شوند و این مواد از طریق مصرف انواع مواد شیمیایی وارد خاک می‌شوند، اثر این گروه به‌صورت زیر بررسی و تعیین شد:

الف- ارزیابی کیفیت آب چاه‌های آبیاری: به‌منظور بررسی کیفیت آب چاه‌های آبیاری، میزان ترکیبات کاتیونی و آنیونی و سایر خصوصیات شیمیایی چاه‌های مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد با آمار و اطلاعات تعیین شد.

ب- ارزیابی محتوای نیتрат در آب آبیاری: به‌منظور تعیین محتوای نیترات در آب آبیاری، نمونه‌برداری از سه مزرعه استان

خراسان طی بهار و تابستان انجام و محتوای نیترات با استفاده از دستگاه پلاروگرافی دارای سل استاندارد شیمیایی و سه نوع الکتروود شامل الکتروود کار از نوع DME، الکتروود کمکی از جنس پلاتین و الکتروود رفرنس از نوع Ag/AgCl KCl 3 mol اندازه‌گیری شد. سپس به‌روش t تجزیه و با مقادیر مجاز مقایسه شد.

ج- ارزیابی محتوای آفت‌کش‌ها در آب آبیاری: به‌منظور بررسی مقدار باقی‌مانده دو حشره‌کش فسفره مهم شامل دیازینون و آزینفوس متیل، پنج نمونه آب آبیاری از مناطق مختلف استان خراسان جمع‌آوری و محتوای این مواد بر اساس روش آمبروس و همکاران (Ambrus et al., 1981) و بیوتر و استان (Butz & Stan, 1995) با GC/MS اندازه‌گیری شد. برای شاهد از آب آشامیدنی مشهد استفاده شد. همچنین از آنجا که استاندارد مناسبی برای آلودگی آب و مواد غذایی به حشره‌کش‌ها در کشور وجود ندارد، مقادیر با استانداردهای آلمان مقایسه شد (Butz & Stan, 1995).

گروه دوم) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: هوا

میزان انتشار گازهای مهم گلخانه‌ای شامل CO_2 ، N_2O و CH_4 به اتمسفر تحت تأثیر مصرف سوخت گازوئیل (بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی) بر اساس ضرایب معادل‌سازی زیلیواکیس و همکاران (Tziliavakis et al., 2005) تعیین گردید. برای تخمین انتشار انواع ترکیبات نیتروژن دار، ضریب انتشار آمونیاک ($\text{NH}_3\text{-N}$) برابر ۱۷ درصد از کل نیتروژن مصرفی در قالب کود اوره در نظر گرفته شد (Diaz Goebes et al., 2003). بر اساس گزارش هیأت بین‌المللی تغییرات آب و هوایی^۱ (IPCC) میزان انتشار N یک درصد کل نیتروژن مصرفی به‌شکل اوره (Snyder et al., 2009) و میزان انتشار $\text{NO}_x\text{-N}$ برابر ۱۰ درصد انتشار N_2O در نظر گرفته شد (Gasol et al., 2007).

گروه سوم) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: خاک

الف- محتوای نیترات در خاک اراضی کشاورزی: به‌منظور تعیین محتوای نیترات خاک، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت تصادفی از سه مزرعه استان خراسان طی

فصل بهار انجام و میزان نیترات خاک اندازه‌گیری شد (Bremner, 1970). پس از آن محتوی نیترات به‌روش t تجزیه شد و با مقادیر مجاز مقایسه گردید.

ب- ارزیابی محتوی کربن آلی خاک: به‌منظور محاسبه میزان تلفات کربن آلی، محتوی کربن آلی اراضی کشاورزی، مراتع و زیستگاه‌های طبیعی با روش اکسایش با دی‌کرومات اندازه‌گیری شد (Walkley & Black, 1934).

ج- برآورد باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های شیمیایی: به‌منظور برآورد مقدار باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های شیمیایی از منابع موجود استفاده شد.

گروه چهارم) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: تنوع زیستی و زیستگاه‌ها

الف- تلفات مراتع و جنگل‌ها: تغییرات سطح زیر کشت محصولات زراعی، مراتع و جنگل‌ها طی سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۶ با استفاده از آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی استان خراسان برآورد شد.

ب- تلفات کندوهای زنبور عسل: تغییرات کندوهای زنبور عسل (بومی و مدرن) طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۳ با استفاده از آمار و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی استان خراسان برآورد شد.

گروه پنجم) خسارت به سلامت انسان تحت تأثیر مصرف مواد شیمیایی

الف- برآورد باقی‌مانده حشره‌کش شیمیایی: به‌منظور برآورد مقدار باقی‌مانده علف‌کش‌های شیمیایی در محصولات کشاورزی از آمار و اطلاعات جمع‌آوری شده در مورد باقی‌مانده علف‌کش دیازینون استفاده شد.

ب- تعیین محتوی باقی‌مانده نیترات: جهت تعیین محتوی نیترات، پنج گیاه مختلف شامل گوجه‌فرنگی، بادمجان، خیار، چغندرقد و اسفناج (سه نمونه) از سطح سه مزرعه (هر یک به‌وسعت حداقل ۰/۵ هکتار) در استان خراسان که دارای شرایط مدیریتی نسبتاً یکسان بودند، صبح هنگام جمع‌آوری و محتوی نیترات اندازه‌گیری شد (Bremner, 1970). پس از آن محتوی نیترات به‌روش t تجزیه و با مقادیر مجاز مقایسه گردید.

گروه ششم) خسارت به محیط زیست تحت تأثیر مصرف انواع مواد شیمیایی

الف- برآورد میزان تلفات کودهای شیمیایی نیتروژنه: برآورد میزان تلفات کودهای نیتروژنه و فسفره به‌ترتیب با استفاده از نتایج تحقیقات گراندی و همکاران (Grandy et al., 2006) (ورود ۸۵-۸۰ درصد کود نیتروژن مصرفی به محیط زیست) و لو و همکاران (Lv et al., 2010) (ورود ۱۷ درصد کود فسفره مصرفی به محیط زیست) انجام شد.

ب- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی: به‌منظور برآورد اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها از روش شاخص تأثیر زیست‌محیطی (EIQ) استفاده شد. علاوه‌براین، از تأثیر این مواد شیمیایی بر خصوصیات بیولوژیکی خاک استفاده گردید.

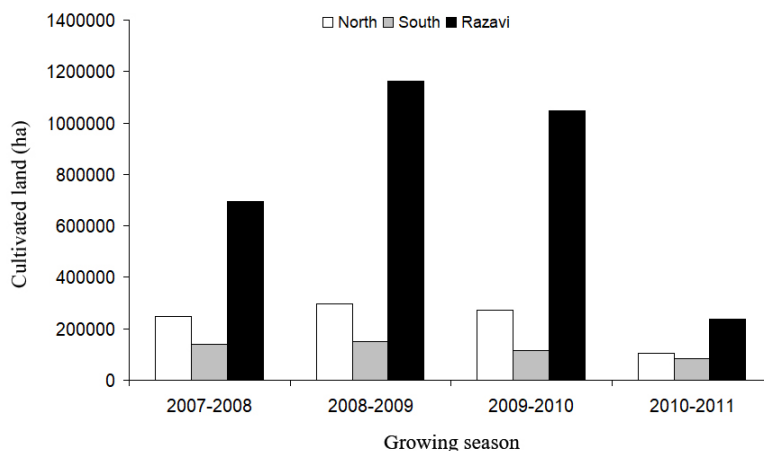
نتایج و بحث

بخش اول) تغییرات سطح زیرکشت، توزیع نهاده‌ها و انرژی مصرفی برای نهاده‌ها و عملیات کشاورزی

الف- تغییرات سطح زیر کشت: بالاترین سطح زیرکشت طی سال‌های زراعی ۹۰-۱۳۸۶ در استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی مربوط به سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ به‌ترتیب برابر با ۲۹۷۶۳۹، ۱۴۹۶۲۹ و ۱۱۶۴۲۴۸ هکتار بود. سطح زیرکشت در استان خراسان شمالی طی سال‌های ۸۷-۱۳۸۶، ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به‌ترتیب برابر با ۱۶، ۹ و ۶۵ درصد کمتر از سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ بود. میزان این کاهش سطح زیرکشت طی این سال‌های زراعی برای استان خراسان رضوی به‌ترتیب برابر با ۶، ۲۳ و ۴۴ درصد و برای استان خراسان رضوی به‌ترتیب برابر با ۴۰، ۱۰ و ۸۰ درصد بود (شکل ۱) (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2012; 2011; 2009). اگر چه به‌دلیل افزایش جمعیت، نیاز به تولید محصولات کشاورزی و غذا روز به روز در حال گسترش است، ولی توسعه بیشتر سطح زیر کشت در کشور با توجه به محدودیت‌های مختلف اقلیمی، خاک و آب عملاً امکان‌پذیر نیست. بر اساس آمار موجود از کل مساحت کشور کمی بیش از ۱۰۰ میلیون هکتار آن به

حاضر علی‌رغم مصرف نهاده‌های مختلف، بیش از حد بهینه، عملکرد اکثر محصولات زراعی کمتر از متوسط جهانی است و افزایش کارایی نهاده‌ها از اولویت بالایی برخوردار است. علاوه بر این، تغییر کاربری اراضی از جمله افزایش سطح زیر کشت گیاهان زراعی افزایش هزینه‌های زیست‌محیطی را به دنبال دارد (Pretty et al., 2000).

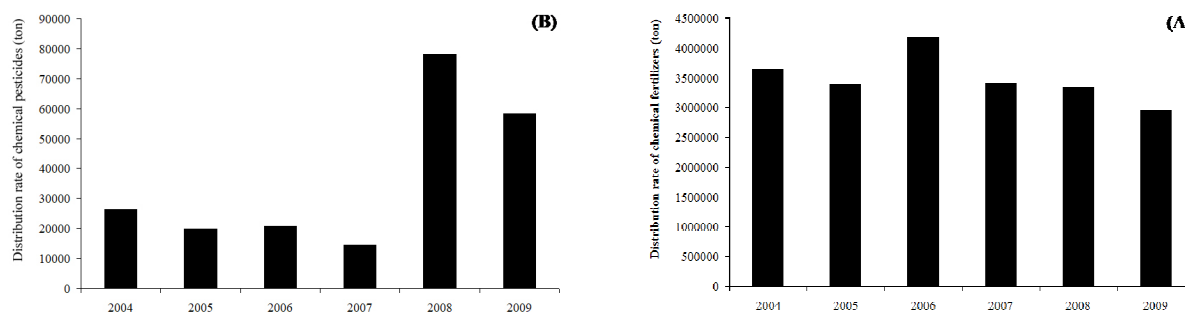
دلایل مختلف ناپایدار است که ۷۵ میلیون هکتار در معرض فرسایش آبی، ۲۰ میلیون هکتار در معرض فرسایش بادی و نزدیک به شش میلیون هکتار که عمدتاً در بخش کشاورزی دستخوش تخریب‌های شیمیایی و فیزیکی خاک از قبیل شور شدن، تخلیه مواد غذایی و فشرده‌گی و تغییر ساختمان است (Pretty et al., 2000). در حال



شکل ۱- سطح زیر کشت در استان‌های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی طی سال‌های زراعی ۱۳۸۶-۹۰
Fig. 1- Cultivated land in Razavi, North and South Khorasan Provinces during 2007-2011

غذایی و محیط زیست، کشاورزان از سایر روش‌های مدیریتی برای کنترل این عوامل کاهنده تولید بهره‌گیری نموده‌اند (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012). با مقایسه میزان توزیع نهاده‌های شیمیایی شامل کودها و سموم در بین استان‌های مختلف خراسان، مشخص است که بالاترین میزان توزیع نهاده‌های شیمیایی مربوط به بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان رضوی بود. همچنین، آمار و ارقام مصرف کود طی سال‌های اخیر بیانگر آن است که نسبت تولید محصولات کشاورزی به کل کود مصرفی، روند کاهشی نشان می‌دهد (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012). بدون تردید اگرچه مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند از توسعه سطح زیر کشت جلوگیری نماید، ولی مصرف بی‌رویه آن نه تنها کارایی تولید را کاهش می‌دهد، بلکه ورود مواد معدنی و ترکیبات مضر نیتروژنه موجب بروز آلودگی آب می‌شود.

ب- میزان توزیع نهاده‌های کشاورزی: بیشترین میزان
توزیع کودهای شیمیایی طی سال‌های ۱۳۸۳-۹۰ در استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی در سال ۱۳۸۶ به ترتیب برابر با ۳۸۸۸۰۰۷/۱۷، ۲۹۷۵۷۰۰/۰ و ۵۲۰۱۱۱۷/۷ تن گزارش گردید. همچنین با گذشت زمان میزان توزیع کودهای شیمیایی به‌طور نسبی کاهش یافت (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012) (شکل ۲- الف). بالاترین مقدار کاربرد سموم شیمیایی طی سال‌های ۱۳۸۳-۹۰ در استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی در سال ۱۳۸۳ به ترتیب برابر با ۲۹۸۴۵/۶، ۲۶۳۰۳/۵ و ۴۵۶۷۸/۹ تن گزارش گردید و با گذشت زمان روند کاهشی برای توزیع، به کارگیری و مصرف سموم شیمیایی جهت کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مشاهده شد (شکل ۲- الف). به نظر می‌رسد با توجه به بروز مقاومت‌های زیست‌محیطی، افزایش قیمت سموم شیمیایی و همچنین افزایش توجه به کیفیت محصولات



شکل ۲- میزان توزیع (الف) کودها و (ب) سموم شیمیایی در استان خراسان رضوی طی سال‌های ۱۳۸۳-۸۸
 Fig. 2- Distribution rate of chemical (A) fertilizers and (B) pesticides in Razavi Khorasan Province during 2004-2009

علاوه‌براین، بایستی به این مطلب نیز توجه نمود که ساخت کودهای شیمیایی از نظر مصرف انرژی بسیار گران تمام می‌شود. به‌عنوان مثال، برای ساخت هر کیلوگرم نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب به ۱۸۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۱۶۰۰ کیلوکالری انرژی نیاز است، لذا پایداری کودهای نیتروژنه بستگی به تأمین انرژی دارد و پایداری کودهای فسفره و پتاسه وابسته به ذخیره معادن فسفر و رسوبات کلرید پتاسیم می‌باشد (Koocheki, 2002).

بخش دوم) کمی‌سازی پیامدهای زیست‌محیطی

گروه اول) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: آب

الف- سهم آب مصرفی برای آبیاری اراضی کشاورزی:
 میزان مصرف آب در اراضی کشاورزی خراسان رضوی طی سال‌های ۱۳۸۷، ۱۳۸۸ و ۱۳۸۹ به‌ترتیب ۸۴۷۰، ۸۲۹۴ و ۱۸۱۵ میلیون متر مکعب بود. میزان بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و سطحی طی سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۸۸ به‌ترتیب ۷/۰۶ و ۲/۱۴ میلیون متر مکعب گزارش شده است (Agricultural Organization of Khorasan, 2009; Razavi, 2008). بررسی‌ها (MEA, 2005) نشان داده است که تقریباً ۷۰ درصد کل مصرف آب در سطح دنیا مربوط به کشاورزی می‌باشد. با توجه به بالا بودن میزان آب مصرفی در اراضی کشاورزی و همچنین در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی آینده به نظر می‌رسد که می‌توان از راهکارهایی نظیر بهبود راندمان مصرف آب، تغییر الگوی کاشت و نوع گیاهان برای بهبود بهره‌وری به‌منظور کاهش آب مصرفی در اراضی زراعی بهره‌برداری نمود.

سالانه در حدود ۹۰ میلیون تن نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی به خاک‌های جهان اضافه می‌شود که ۵۰ میلیون تن توسط بقولات علوفه‌ای و ۴۰ میلیون تن از طریق حبوبات تثبیت می‌شود (Koocheki, 2002). مداخله انسان باعث حذف چرخه‌های بیولوژیکی و کاهش کارایی سیستم‌های تثبیت نیتروژن شده است. این موضوع عمدتاً از طریق مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی صورت گرفته است. سالانه ۷۷ میلیون تن نیتروژن به‌صورت کودهای نیتروژنه به خاک‌های جهان اضافه می‌شود (Koocheki, 2002). اتکاء به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، تسریع در فرآیندهای چرخه‌ای و استفاده از کودهای دامی و بقایای گیاهی و نیز افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی از اصول کشاورزی پایدار است. اگرچه مقدار نیتروژنی که از طریق بیولوژیکی تثبیت می‌شود، قابل ملاحظه است، ولی در حدود پنج درصد نیتروژن جذب شده توسط گیاهان زراعی را تشکیل می‌دهد.

ورود کودهای شیمیایی به بوم‌نظام‌های زراعی باعث شده است که چرخه عناصر غذایی مختل و تولیدات کشاورزی کاملاً وابسته به ورود و مصرف کودهای شیمیایی شود. در مواردی که حاصلخیزی خاک پایین باشد، مصرف کودهای معدنی اثر زیادی بر عملکرد دارد، ولی با افزایش مصرف کود، منحنی عملکرد به‌صورت نمایی کاهش می‌یابد و در یک نقطه معین هزینه‌های مصرف کود برابر با قیمت افزایش عملکرد حاصل از آن می‌شود. بدین ترتیب، آمار و ارقام مصرف کود بیانگر آن است که نسبت تولید محصولات کشاورزی به کل کود مصرفی، روند کاهشی نشان می‌دهد (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012).

میانگین کیفیت آب چاه‌های مورد استفاده برای آبیاری برای اراضی کشاورزی بر اساس اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های محلول در جدول ۱ نشان داده شده است.

ب- ارزیابی کیفیت آب چاه‌های مورد استفاده برای آبیاری اراضی کشاورزی: به جز نزولات جوی که بخش کوچکی از نیاز آبی مزارع استان خراسان رضوی را تأمین می‌کند، آب آبیاری اراضی مزارع عمدتاً با استفاده از چاه‌های عمیق انجام می‌گیرد.

جدول ۱- میانگین ترکیبات یونی و خصوصیات شیمیایی آب آبیاری مزارع استان خراسان رضوی (Koocheki et al., 2010)

Table 1- Ionic concentration and chemical characteristics of irrigation water in Razavi Khorasan (Koocheki et al., 2010)

بور B	هدایت الکتریکی EC	نسبت جذب سدیم تصحیح شده SAR _{adj}	نسبت جذب سدیم SAR	اسیدیته pH	سولفات SO ₄ ²⁻	کلر Cl ⁻	بی‌کربنات HCO ₃ ⁻	کربنات CO ₃ ²⁻	پتاسیم K ⁺	سدیم Na ⁺	منیزیم Mg ²⁺	کلسیم Ca ²⁺
(mg.kg ⁻¹)	(dS.m ⁻¹)											
1.9	0.81	3.67	1.9	8.2	0.98	0.7	2.8	0.4	0.09	3.45	2.32	4.75

میلی‌گرم بر لیتر بود که دارای اختلاف معنی‌داری نسبت به حد مجاز است (جدول ۲).

ج- ارزیابی محتوای نیترات در آب آبیاری اراضی کشاورزی: میانگین غلظت نیتروژن نیتراتی آب چاه‌های مزارع استان خراسان (به‌استثنای مزرعه شماره ۲) بالاتر از حد مجاز ۱۰

جدول ۲- غلظت نیترات در آب آبیاری در مقایسه با حد مجاز

Table 2- Nitrate concentration of irrigation water compared to allowable limit

شماره مزرعه Field code	مقایسه میانگین با حد مجاز (10 mg.L ⁻¹) Mean comparison with limit (10 mg.L ⁻¹)	میانگین غلظت نیتروژن نیتراتی Mean N-NO ₃ concentration (mg.L ⁻¹)	دامنه غلظت نیتروژن نیتراتی N-NO ₃ concentration range (mg.L ⁻¹)
1	*	14.90	8.8-21.0
2	**	4.60	8.5-9.5
3	*	22.10	21.3-22.8

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

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

اوترفیکاسیون را موجب می‌گردد.

ه- ارزیابی مقدار باقی‌مانده دو حشره‌کش فسفره دیازینون و آزینفوس متیل در آب آبیاری: نتایج ارزیابی مقدار باقی‌مانده دو حشره‌کش فسفره دیازینون و آزینفوس متیل در آب آبیاری نشان داد که در نمونه شاهد اثری از این حشره‌کش‌های فسفره مشاهده نشد. مقدار باقی‌مانده دو حشره‌کش دیازینون و آزینفوس متیل در آب آبیاری استان خراسان رضوی به ترتیب ۲۳/۱۸±۱۶/۳۵ و ۱۵/۷۸±۰/۶۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۳).

به نظر می‌رسد که منشأ آلودگی آب آبیاری به این دو حشره‌کش مربوط به سم‌پاشی مزارع و باغات می‌باشد. حد مجاز باقی‌مانده دیازینون و آزینفوس متیل در آب بر طبق استاندارد آلمان به ترتیب در

بالاتر بودن غلظت نیترات در بیشتر چاه‌ها، بیانگر آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات کودهای نیتروژنه و آب‌شویی آن‌ها به لایه‌های پایین نیم‌رخ خاک و آب زیرزمینی است. بنابراین، مدیریت کودهای نیتروژنه در مزارع استان خراسان نامناسب بوده و آب‌های زیرزمینی تحت آلودگی مداوم نیترات قرار دارند. خسارت ناشی از ورود نیترات تحت تأثیر مصرف نهاده‌های کشاورزی به آب‌های سطحی در آمریکا تا ۱۶ میلیارد دلار در سال برآورد شده است. نزولات و رواناب باعث حمل رسوبات، مواد معدنی و سموم به رودخانه‌ها، جریانات سطحی و دریاچه‌ها می‌شود. ۵۰ تا ۷۰ درصد کلیه مواد معدنی که به آب‌های سطحی وارد می‌شوند، عمدتاً نیتروژن و فسفر هستند که از زمین‌های کشاورزی منشأ می‌گیرند (Koocheki, 2002) که این امر وقوع

تنوع زیستی بهتر است مقدار مصرف این سموم کاهش یابد و از سایر راهکارهای اکولوژیکی نظیر کنترل بیولوژیکی برای کنترل آفات بهره‌گیری شود.

گروه دوم) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: هوا

الف- انتشار گازهای گلخانه‌ای: بر اساس میزان توزیع مواد

سوختی در استان خراسان رضوی طی سال ۱۳۸۸ (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2009)، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای شامل CO_2 ، CH_4 و N_2O به اتمسفر به‌ترتیب برابر با ۶۳۲۰۶۰۵۲، ۴۰۰۵ و ۴۱۹ کیلوگرم برآورد گردید. میزان انتشار این گازها در استان خراسان شمالی به‌ترتیب برابر با ۱۰۸۱۸۲۲۲، ۷۲ و ۶۸۶ کیلوگرم و برای استان خراسان جنوبی به‌ترتیب برابر با ۱۰۰۷۵۸۲۱، ۶۷ و ۶۳۹ کیلوگرم برآورد گردید (جدول ۴).

جدول ۴- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی و مصرف گازوئیل در استان‌های خراسان
Table 4- Emission of greenhouse gases including CO_2 , CH_4 , N_2O affected by agricultural activities and diesel consumption in Khorasan

نام استان Province name	گاز گلخانه‌ای Greenhouse gas (kg)		
	CH_4	N_2O	CO_2
خراسان شمالی North Khorasan	686	72	10818222
خراسان جنوبی South Khorasan	639	67	10075821
خراسان رضوی Razavi Khorasan	4005	419	63206052

سهم کشاورزی از انتشار گازهای گلخانه‌ای تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی ۳۰ درصد برآورد شده است (Bouwman, 2001). هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC, 2007) گزارش نمودند که ۱۳/۵ درصد (۶/۶ گیگاتن) CO_2 به‌صورت مستقیم از بوم‌نظام‌های زراعی انتشار می‌یابد که از جمله عوامل تأثیرگذار در این زمینه کارخانجات تولید کودهای نیتروژن (۳۸ درصد)، پرورش دام (۳۱ درصد) و مزارع تولید برنج (۱۱ درصد) می‌باشند. هاشیموتو و همکاران (Hashimoto et al., 2002) گزارش نمودند که طی ۱۰۰ سال گذشته فعالیت‌های بشری تحت تأثیر دو عامل مصرف سوخت‌های فسیلی و کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع بیشترین تأثیر را بر انتشار گازهای گلخانه‌ای

حدود ۱ و ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (Vidair, 2004; Barata et al., 2004). مطابق استاندارد آلمان، حد مجاز این حشره‌کش‌ها در آب آشامیدنی برای آزینفوس متیل و دیازینون به‌ترتیب ۱۰ و ۱ میلی گرم بر کیلوگرم در نظر گرفته شد (Butz & Stan, 1995).

جدول ۳- مقدار باقی‌مانده حشره‌کش در آب آبیاری استان خراسان رضوی

Table 3-Residues for chemical herbicide including and, in irrigated water of Razavi Khorasan

نام حشره‌کش Herbicide name	انحراف معیار $\pm$ مقدار Deviation $\pm$ content (mg.kg ⁻¹)
دیازینون Diazinone	23.18 $\pm$ 16.35
آزینفوس متیل Azinphos- Methyl	15.78 $\pm$ 0.68

حداکثر میزان استاندارد وجود آفت‌کش برای فرآورده‌ها و محصولات مختلف طبق گزارش پرتی و همکاران (Pretty et al., 2000) برابر با ۰/۱-۰/۵ میکروگرم بر لیتر می‌باشد. شایقی و همکاران (Shayeghi et al., 2000) نیز اظهار داشتند که آلودگی آب رودخانه‌های شهرستان تنکابن به حشره‌کش دیازینون به‌ویژه در فصل بهار بیش از حد مجاز است. همچنین، نتایج مطالعه شایقی و همکاران (Shayeghi et al., 2007) مؤید این مطلب است که آلودگی آب رودخانه‌های حوزه آبریز سد امیرکبیر به دیازینون و مالاتیون به‌ویژه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بیش از حد مجاز است. کاستیلهو و فنز (Castilho & Fenz, 1999) بیشترین مقدار دیازینون و آزینفوس متیل را برای رودخانه آتویا در نیکاراگوئه به‌ترتیب ۱۸ و ۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند. البته باقی‌مانده سموم بسته به وسعت کاشت محصولات، فاصله و موقعیت جغرافیایی و استقرار از آب جاری، اختلاف بارندگی و شستشوی آفت‌کش‌ها از سطح گیاه و تفاوت مقدار مصرف متفاوت است. بنابراین، با توجه به بالاتر بودن مقدار باقی‌مانده دو حشره‌کش دیازینون و آزینفوس متیل در آب آبیاری، به نظر می‌رسد که موجودات آبی در معرض خطر آلودگی به این سموم قرار دارند. علاوه‌براین، با توجه به انتقال سموم حشره‌کش از آب به بدن موجودات زنده در زنجیره غذایی (Vidair, 2004; Barata et al., 2004)، مشخص است که سایر موجودات نیز در معرض خطر آلودگی به این سموم شیمیایی قرار دارند، لذا به‌منظور حفظ سلامتی جوامع و

سراسر دنیا موجب می‌گردد (Hester & Harrison, 2010). هستر و هریسون (Hester & Harrison, 2010) دریافتند که افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و فشرده‌سازی بوم‌نظام‌های کشاورزی موجب برهم خوردن تعادل اتمسفر شده است که این امر اختلال در چرخه گازها و ترکیبات شیمیایی اتمسفر (برآورد هزینه‌ها = ۱/۳۴۱ تریلیون دلار) و برهم خوردن تنظیمات اقلیم، دمای جهانی و فرآیندهای اقلیمی (با هزینه‌ای معادل ۰/۶۸۴ تریلیون دلار) شده است. فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) دلیل بروز این اثرات زیست‌محیطی را به مصرف بالای نهاده‌های شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه و کاربرد فشرده ماشین‌آلات نسبت دادند.

بدین ترتیب، با در نظر گرفتن این مطلب که بخش عمده انتشار گازهای گلخانه‌ای علاوه‌بر آلودگی ناشی از کارخانه‌های تولید کودهای شیمیایی، مربوط به تغییر کاربری اراضی و اجرای عملیات خاک‌ورزی فشرده در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد، بایستی از راهکارهای جایگزین نظیر مصرف نهاده‌های آلی و وارد کردن گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در تناوب زراعی برای جبران کمبود حاصلخیزی خاک و همچنین از خاک‌ورزی‌های کاهش یافته و حداقل و کاشت گیاهان چندساله بهره‌گیری نمود.

گروه سوم) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: خاک

الف- ارزیابی محتوی نیترات در خاک اراضی

کشاورزی: مقایسه غلظت نیترات نمونه‌های خاک با حد بحرانی با استفاده از آزمون t نیز بیان‌کننده اختلاف معنی‌دار ($p \leq 0/01$) در سطح احتمال یک درصد می‌باشد (جدول ۵). در کلیه مزارع مورد بررسی میانگین غلظت نیترات خاک از حد بحرانی نیترات بالاتر بود (جدول ۵).

داشته‌اند. برخی دیگر از گزارش‌ها مؤید این مطلب است که فعالیت‌های کشاورزی باعث تولید ۱۵ درصد CO_2 ، ۴۹ درصد CH_4 ، ۶۶ درصد اکسید نیترو، ۲۷ درصد اکسید نیتریک و ۹۳ درصد آمونیم شده است (FAO, 2003). بر طبق برخی دیگر از آمار، فعالیت‌های کشاورزی باعث تولید حداقل ۲۵ درصد از CO_2 ، ۵۰ درصد از CH_4 و ۷۰ درصد از NO_x انتشار یافته به اتمسفر شده است (Hutchinson et al., 2007). کوپر و همکاران (Cooper et al., 2011) سهم کشاورزی در انتشار گازهای گلخانه‌ای را بیش از ۱۴ درصد انتشار خالص جهانی برآورد نمودند. در حال حاضر، یک سوم انتشار CO_2 به‌علت تغییر در کاربری اراضی شامل جنگل‌زدایی، تغییر الگوی کاشت و افزایش سطح اراضی زراعی و دو سوم CH_4 و بیشتر NO_x ناشی از اجرای عملیات فشرده در بوم‌نظام‌های کشاورزی است (IPCC, 1999). میزان انتشار گاز N_2O از سطح اراضی گندم در استان خراسان به‌طور میانگین برابر با ۰/۰۳۵ کیلوگرم در مترمربع در سال گزارش شده است (Koocheki et al., 2016). لو و همکاران (Lv et al., 2010) میزان انتشار دی اکسید کربن از مزارع گندم چین در حدود ۲۴۷/۴ گرم در مترمربع در سال و دی گروت و همکاران (De Groot et al., 2002) میزان این انتشار را برای برخی محصولات زراعی در آمریکا در حدود ۳۰۰-۲۷۰ گرم بر مترمربع در سال برآورد نمودند. میزان گاز اکسید نیتروژن انتشار یافته از مزارع جو، سویا و پنبه بر اساس اندازه‌گیری‌های دی گروت و همکاران (De Groot et al., 2002) ۰/۰۴ - ۰/۰۳ کیلوگرم در مترمربع در سال برآورد شده است. در کشور چین نیز مقدار انتشار این گاز گلخانه‌ای از مزارع گیاهان زراعی در حدود ۰/۰۳۶ کیلوگرم در مترمربع در سال گزارش شده است (Lv et al., 2010).

آلودگی هوا یکی از خطرات اصلی زیست‌محیطی برای سلامتی محسوب شده و برآورد شده که دو میلیون مرگ زودهنگام را در

جدول ۵- مقایسه غلظت نیترات در خاک در مقایسه با حد مجاز

Table 5- Nitrate concentration of soil compared to allowable limit

شماره مزرعه	مقایسه میانگین با حد مجاز Mean comparison with limit	غلظت نیتروژن نیتراتی N-NO ₃ concentration (mg.kg ⁻¹ dried soil)	دامنه غلظت نیتروژن نیتراتی N-NO ₃ concentration range (mg.kg ⁻¹ dried soil)
1	**	89.9	24.8-204.6
2	**	28.9	18.6-37.2
3	**	27.3	18.6-155.0

***: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

***: significant at 1% probability level.

حد بحرانی نیترات در خاک بین ۲۲-۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ذکر شده است (Rahmani, 2006). با توجه به این حد بحرانی بسیاری از نمونه‌های خاک دارای غلظت نیترات فراتر از حد بحرانی می‌باشند. بنابراین، با توجه به غلظت بالای نیترات در خاک، مشخص است که خاک‌های مزارع نیاز به افزودن بیش از اندازه کود نیتروژنه ندارند. همچنین ضرورت دارد مصرف کودهای نیتراته با توجه به مقدار نیتروژن خاک و در نظر گرفتن نیاز گیاه به صورت سرک انجام شود. بررسی‌ها نشان داده است که غلظت نیترات در خاک بسیار متغیر است و بستگی به زمان کوددهی، نوع کود، مقدار کود، زمان آبیاری و میزان جذب نیترات توسط گیاه دارد (Rahmani, 2006). مصرف نامناسب، نامتعادل و بیش از حد نیاز گیاه از کودهای نیتروژنه سبب شده است تا غلظت نیترات در خاک، آب و گیاه افزایش یابد. از طرف دیگر، سمیت حاصله ناشی از ورود نیترات به زنجیره غذایی مشکلات زیادی ایجاد می‌کند؛ به‌طوری‌که تبدیل نیترات به نیتريت و نیتريت به نیتروزآمین، منجر به بروز سمیت به‌ویژه در نوزادان و حیوانات نشخوارکننده می‌گردد. مشخص‌ترین علائم سمیت حاد نیترات بیماری مت-هموگلوبینمیا است که در آن هموگلوبین به مت‌هموگلوبین تبدیل می‌شود و در نتیجه، توانایی انتقال اکسیژن خون کاهش می‌یابد. علاوه‌براین، محتوی بالای نیترات در غذا یا آب دام‌ها می‌تواند کاهش زاد و ولد، افزایش مرده‌زایی، کاهش وزن و حتی مرگ دام را منجر گردد. همچنین در اثر تداوم مصرف سبزی‌ها و یا آب آشامیدنی محتوی نیترات زیاد، در داخل سیستم گوارشی نیتروزآمین تولید شده که یک ماده سمی خطرناک و احتمالاً سرطان‌زا است (Greer et al., 2005). نتایج مطالعه هستر و هریسون (Hester & Harrison, 2010) در مطالعه‌ای شش ساله نشان داد که میزان نیترات باقی‌مانده در خاک تحت شرایط مدیریت رایج به‌طور معنی‌داری بالاتر از مدیریت ارگانیک بود. بدین ترتیب، این محققان کاشت گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن و پوششی را به‌عنوان راهکاری برای کاهش مصرف نیتروژن و جلوگیری از تلفات نیتروژن در بوم‌نظام زراعی معرفی نمودند.

ب- ارزیابی محتوی کربن آلی خاک: محتوی کربن آلی

خاک در زیستگاه طبیعی و مرتع به‌ترتیب ۳۶۴ و ۲۰۵ درصد بالاتر از خاک اراضی زراعی تعیین گردید. اگرچه وجود خاک سالم برای

کشاورزی ضروری است، ولی کشاورزی مدرن با کاهش اضافه نمودن نهاده‌های شیمیایی، اعمال خاک‌ورزی‌های فشرده، چرای بیش از حد دام و تک‌کشتی محصولات مختلف باعث کاهش محتوی کربن آلی و بروز فرسایش شده است (Pretty et al., 2000). طی نیم قرن گذشته میلیون‌ها هکتار زمین کشاورزی بر اثر سوء مدیریت زراعی و افزایش بی‌رویه جمعیت، حاصلخیزی خود را از دست داده‌اند (Koocheki, 2002). بر طبق نتایج مشخص شده است که تلفات کربن از خاک‌های مراتع و جنگل‌ها در شرایط تبدیل شدن به بوم-نظام‌های زراعی به‌شدت در حال افزایش می‌باشد (Pretty et al., 2000). در شرایط اعمال مدیریت پایدار نیز اگرچه تلفات ماده آلی رخ می‌دهد، ولی میزان این تلفات پایین می‌باشد. از جمله عملیات زراعی بهبوددهنده کربن آلی در خاک می‌توان به به‌کارگیری شخم حداقل، کاشت گیاهان پوششی، تناوب و مصرف نهاده‌های آلی در خاک اشاره کرد. ادواردز و همکاران (Edwards et al., 1992) بیان داشتند که با اعمال مدیریت درازمدت و پایدار خاک بر پایه کاهش استفاده از کودهای معدنی و عملیات خاک‌ورزی کاهش یافته می‌توان محتوی کربن آلی خاک را بهبود بخشید. بررسی‌ها نشان داده است که اعمال مدیریت‌های فشرده کاهش ۲۰ درصدی تلفات ماده آلی خاک را در بوم‌نظام‌های زراعی انگلستان موجب شده است (Pretty et al., 2000). مطالعات مختلف ایوانز (Evans, 1996; Evans, 1995) میزان هزینه‌های خارجی سالانه اراضی کشاورزی انگلستان را تحت تأثیر فرسایش خاک ۱۱-۱۰ میلیون پوند برآورد نموده است. در شرایط طبیعی، تجمع ماده آلی در شرایط وقوع بارندگی و درجه حرارت خنک‌تر به مراتب بالاتر بوده و در شرایط گرم‌تر و خشک‌تر، تجزیه کربن افزایش می‌یابد. خاک‌ورزی از طریق هوادهی و خشک شدن خاک موجب افزایش سرعت تجزیه بقایا و کاهش کربن آلی خاک می‌شود (Dell et al., 2008). وجود بارندگی از طریق افزایش محتوی رطوبتی، موجب کند شدن سرعت تجزیه ماده آلی و افزایش محتوی آن می‌گردد (Tisdal et al., 1993). نتایج برخی از بررسی‌ها (Dell et al., 2008; Fuentes et al., 2010) نشان داده است که خاک‌های با خاک‌ورزی حداقل تحت تأثیر محتوی بالاتر بقایای گیاهی و جانوری، از محتوی کربن آلی بالاتری در مقایسه با خاک‌های تحت مدیریت رایج و فشرده در بوم‌نظام‌های زراعی

برخوردارند.

بدین ترتیب، با توجه به پایین بودن محتوی کربن آلی در بوم‌نظام‌های زراعی خراسان، می‌توان از راهکارهایی نظیر افزودن بقایای گیاهی و نهاده‌های آلی و کاهش خاک‌ورزی برای مدیریت بوم‌نظام‌های زراعی بهره جست. همچنین از آنجا که محتوی کربن آلی خاک به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر کلیه ویژگی‌های خاک تأثیر دارد (Chirinda et al., 2010)، می‌توان با افزایش محتوی کربن آلی بهبود ویژگی‌های خاک در بوم‌نظام‌های زراعی را موجب شد. کاربرد کودهای سبز لگومینوزه نیز می‌تواند علاوه بر جلوگیری از شور شدن و افزایش بی‌رویه نیتروژن در خاک، موجب افزایش ماده آلی شود و از این طریق علاوه بر بهبود وضعیت خاک در درازمدت، زیستگاه و منابعی را نیز برای ریزموجودات سودمند خاکری فراهم آورده و تنوع زیستی را حفظ نماید.

ج- برآورد باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و علف‌کش‌های شیمیایی در خاک‌های اراضی کشاورزی

قارچ‌کش‌ها، علف‌کش‌ها و سایر مواد شیمیایی حفاظت‌کننده گیاهی می‌توانند شرایط سمی را برای رشد ریزجانداران خاکری ایجاد کنند. البته حساسیت گونه‌های مختلف ریزموجودات نسبت به غلظت مواد شیمیایی متفاوت است (Rao, 1999). راثو (Rao, 1999) دریافت که علف‌کش‌ها روی گره‌زایی و تثبیت نیتروژن لگوم‌ها تأثیر منفی می‌گذارند.

اگرچه آفات، خسارت قابل توجهی به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند، ولی مداخله بیش از حد در نظام‌های طبیعی و کشاورزی باعث برهم خوردن تعادل اکولوژیکی و روابط متقابل آفات شده است. به‌عنوان مثال، حشرات به‌تنهایی سالانه ۳۷ درصد تولیدات کشاورزی را تلف می‌کنند که ارزش آن ۵۰ میلیارد دلار است. برآورد شده است که در عمل کمتر از یک درصد سم مصرفی در آمریکا به آفت مورد نظر می‌رسد و ۹۹ درصد باقی‌مانده در محیط زیست رها می‌شود. به‌علاوه، از آنجا که این سموم باعث افزایش مقاومت ژنتیکی می‌شوند، کشاورزان مجبورند هر ساله مقدار سم مصرفی را افزایش دهند (Koocheki, 2002).

استفاده از سموم شیمیایی باعث ایجاد نگرانی‌هایی در مورد سلامت انسان، سایر موجودات زنده و محیط زیست شده است. بقایای برخی از این ترکیبات سمی، مخاطرات به تولید و توزیع این سموم، افزایش مقاومت آفات نسبت به مواد شیمیایی و آلودگی شیمیایی مواد

غذایی از جمله چالش‌هایی هستند که استفاده از سموم با آن‌ها مواجه است. استفاده غیرایمنی از آفت‌کش‌هایی که باعث ایجاد سمیت و حتی مرگ شوند، معضلی است که بیشتر کشورهای در حال توسعه با آن مواجهند. ایجاد اختلال در فعالیت هورمون‌ها، سرطان و دیابت از جمله عوارض ناشی از استفاده از سموم شیمیایی هستند (Koocheki, 2002).

علاوه‌براین، ترکیبات متعددی نیز در خاک وجود دارند که به‌تنهایی غیرسمی هستند، ولی با واسطه میکروب‌ها طی فرآیندی به نام فعال‌سازی^۱ به موادی سمی تبدیل می‌شوند. به‌عنوان مثال، نیتروژن‌آمین‌ها که محصولات فعالیت طبیعی میکروب‌ها هستند، یون‌های نیتريت را از نیترات و آب به‌همراه مواد شیمیایی مصنوعی حاصل از آفت‌کش‌ها به‌وجود آورند. برخی از حشره‌کش‌ها از قبیل آلدین و پاراتیون نیز به ترکیبات سمی‌تری که نسبت به تجزیه میکروبی پایداری بیشتر و دوام نسبتاً بالایی دارند، تبدیل می‌شوند (Rao, 1999).

مطالعه تجزیه و سرنوشت آفت‌کش‌ها، به‌منظور حفظ کیفیت محیط زیست و برای بهینه‌سازی فعالیت‌های کشاورزی، ضروری است (Cupples et al., 2000). فراهمی آفت‌کش و ماندگاری آن در خاک، امکان انتقال آن به بخش‌های محیط زیست را فراهم می‌کند (Dakhel et al., 2001). دو فرآیند اصلی تعیین‌کننده غلظت آفت-کش شامل جذب روی ذرات جامد، تجزیه و تغییر شکل در خاک است. هرچند تجزیه ممکن است به‌صورت شیمیایی و زیستی رخ دهد، ولی تجزیه زیستی اغلب به‌عنوان مکانیسم اصلی تجزیه آفت‌کش‌ها در خاک مطرح می‌باشد (Theng et al., 2000). تجمع بقایای سموم منجر به افزایش جذب مواد شیمیایی توسط گیاهان شده و مصرف این محصولات باعث بروز آسیب به اجزای زنجیره غذایی می‌شود (Rao, 1999).

نصرتی و همکاران (Nosrati et al., 2007) گزارش نمودند که خاک مزارع لومی شنی با مقدار هوموس بیشتر و قدرت جذب سطحی بالاتر، دارای مقدار سم کمتری بودند. همچنین انتقال سم به لایه‌های پایین‌تر و روند سریع تجزیه در خاک تحت پوشش باغ به‌دلیل جذب سطحی بیشتر و حجم زیاد زیست توده فعال بود. نتایج مطالعات هنکلمن (Henklmann, 2004) و پاتزولد (Paetzold, 1998) نشان داد که با افزایش غلظت سم، انتقال آن در نیمرخ خاک افزایش یافت.

کمتری برای تجزیه میکروبی در دسترس بود (Maheswari & Ramesh, 2007). ماهسواری و رامش (Maheswari & Ramesh, 2007) نشان دادند که نیمه عمر علف‌کش سولفوسولفورون برای خاک‌های با ماده آلی بالا، کمتر از خاک‌های فقیر از ماده آلی بود. بنابراین، با توجه به این مطلب که خاک‌های سرشار از ماده آلی، پتانسیل بافری و ظرفیت تعدیل‌کنندگی بالاتری در زمینه کاهش اثرات سوء مواد سمی تحت تأثیر کودهای دامی برای تجزیه آفت‌کش‌ها دارند (Thorstensen & Lode, 2000)، لذا می‌توان افزایش محتوی ماده آلی خاک را به‌عنوان راهکاری چندمنظوره در مدیریت اراضی زراعی مدنظر قرار داد و از این طریق علاوه‌بر بهبود ثبات تولید، افزایش سرعت تجزیه آفت‌کش‌ها و کاهش ماندگاری آن‌ها را برای بوم‌نظام‌های زراعی کشور به ارمغان خواهد آورد.

گروه چهارم) خسارت به سرمایه‌های طبیعی: تنوع زیستی و زیستگاه‌ها

الف - تلفات مراتع و جنگل‌ها: سطح مراتع و جنگل‌های استان‌های خراسان طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۳ کاهش یافت. کاهش سطح مراتع در استان خراسان شمالی طی سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به‌ترتیب ۳۴، ۱۸، ۱۳، ۲۱، ۳۰، ۳۷ و ۴۶ درصد بود. میزان این کاهش برای خراسان جنوبی طی این سال‌ها به‌ترتیب برابر با ۱۲، ۱۲، ۱۴، ۵، ۱۵ و ۲۶ درصد و برای خراسان رضوی به‌ترتیب برابر با ۱۷، ۳۴، ۳۴، ۱۴، ۳۵ و ۴۹ درصد محاسبه گردید (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012). سطح جنگل‌ها در سال‌های ۱۳۸۳، ۱۳۸۴، ۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ به‌ترتیب ۱، ۴، ۴، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۳۳ درصد نسبت به حداکثر میزان خود در این استان کمتر بود. میزان این کاهش سطح جنگل برای خراسان جنوبی طی این سال‌ها به‌ترتیب برابر با ۹، ۱۵، ۲۱، ۲۹، ۶ و ۱۳ درصد و برای خراسان رضوی ۷، ۹، ۲، ۸، ۱۴، ۲۱ و ۳۴ درصد محاسبه گردید (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012).

مراتع و جنگل‌ها نقش مهمی در حفاظت خاک داشته و وجود آن‌ها باعث بهبود تنوع زیستی و حیات وحش و افزایش ارزش فرهنگی منطقه می‌شود (Pretty et al., 2000). بسیاری از محققین تأکید کرده‌اند که کاهش تنوع زیستی طی قرن اخیر افزایشی بوده

نتایج برخی مطالعات روی بررسی تجزیه میکروبی علف‌کش‌های گروه تیوکاربامات‌ها مؤید این مطلب است که (Denkler, 1994; DFG, 1990; Walter, 2005) وجود هوموس و رطوبت کافی و همچنین حرارت مطلوب از طریق تحریک فعالیت ریزجانداران، سموم وارده را با سرعت بیشتری تجزیه می‌نمایند. ایزدی و همکاران (Izadi et al., 2011) گزارش نمودند که به‌دلیل قابلیت ماندگاری بالای علف‌کش سولفونیل‌اوره در خاک، خسارت زیادی به گیاهان قرار گرفته در تناوب و تنوع زیستی ریزموجودات خاکزی وارد می‌شود. البته شرایط خاک، اقلیم و نوع محصول نیز در شدت خسارت وارده مؤثر هستند (Strek, 2005).

طی چند دهه اخیر آترازین یکی از متداول‌ترین علف‌کش‌های مصرف شده در جهان بوده است. به‌دلیل گستردگی استفاده و ماندگاری بالای این علف‌کش، وجود بقایای آن مخاطراتی را از راه آلوده ساختن آب‌های زیرزمینی ایجاد کرده است (Accinelli et al., 2001; Alvey & Crowley, 1995; Moorman et al., 2001). فروزان‌گهر و همکاران (Forouzangohar et al., 2005) با بررسی مقدار باقی‌مانده آترازین و متامیترون در خاک‌های لوم‌شنی و رس سیلتی بیان داشتند که باقی‌مانده آترازین پس از گذشت ۶۰ روز در این خاک‌ها به‌ترتیب ۸۴/۰ و ۶۱/۰ درصد مقدار اولیه بود. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که افزودن ماده آلی به خاک، سبب افزایش میزان تجزیه علف‌کش‌ها شد. سنگین‌تر شدن بافت خاک و افزایش درصد رس، جذب سطحی آفت‌کش‌ها را افزایش می‌دهد که این امر کاهش زیست‌فراهمی آن‌ها را به‌دنبال دارد (Torstensson, 1987). بافت خاک با تأثیر بر جمعیت و فعالیت میکروبی خاک بر تجزیه میکروبی آفت‌کش‌ها نقش مهمی ایفا می‌نمایند؛ به‌طوری‌که جمعیت میکروبی در خاک‌های ریز بافت بیشتر از درشت بافت است. داخل و همکاران (Dakheel et al., 2001) نتیجه گرفتند که سرعت تجزیه آمیترون در درشت‌ترین بافت نصف سرعت تجزیه در ریزترین بافت بود. دی و همکاران (Day et al., 1961) نیز اظهار داشتند که تجزیه آمیترون در خاک ریز بافت به‌مراتب سریع‌تر از خاک درشت بافت بود. هادی‌زاده و همکاران (Hadizadeh et al., 2009) با مطالعه رفتار پایداری سولفوسولفورون در خاک تحت تأثیر محتوی ماده آلی اظهار داشتند که صرف‌نظر از غلظت سم، سرعت کاهش سم در خاک حاوی کود حیوانی به‌طور معنی‌داری بالاتر از خاک بدون کود بود؛ به‌طوری‌که در خاک غنی از ماده آلی، سولفوسولفورون آزاد شده

سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۶ به‌ترتیب ۷۹، ۷۲ و ۹۳ درصد کاهش یافت (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008;) (2009; 2011; 2012).

اگرچه تعداد کندوهای مدرن با گذشت زمان افزایش یافت، ولی کاهش سطح زیستگاه‌های طبیعی از طریق تغییر کاربری اراضی و خشک شدن آن‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و همچنین مصرف سموم و نهاده‌های شیمیایی باعث کاهش تعداد کندوهای بومی شده است. با توجه به اینکه زنبور عسل جزو موجودات خونسرد بوده و وابستگی شدیدی نسبت به شرایط محیط دارد، لذا هر گونه تغییر در اقلیم تأثیر مستقیمی روی زندگی خواهد داشت. علاوه‌براین، هر گونه تغییری که منجر به کاهش گیاهان گل‌دار گردد، قطعاً روی زندگی زنبور عسل تأثیر گذاشته و موجب کاهش جمعیت آن خواهد شد. در اثر افزایش درجه حرارت روند تکامل و رشد زنبورها نیز دچار تغییر می‌گردد؛ به‌طوری‌که تغییرات اتمسفری و درجه حرارت بسیاری از رفتارهای بیولوژی زنبورهای عسل نظیر سن رشد، بلوغ و جفت‌گیری ملکه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تکثیر و بقای کلونی‌ها را با تهدید مواجه می‌کند. تقریباً ۷۵ درصد گیاهان زراعی دنیا که به‌عنوان غذا مورد استفاده قرار می‌گیرند به گرده‌افشانی حشرات وابسته هستند. این گرده‌افشانی اغلب توسط حشرات به‌ویژه زنبورها (Klein et al., 2007) انجام می‌گیرد. بدین ترتیب، اگرچه زنبورهای عسل مهم‌ترین حشرات گرده‌افشان هستند که در گرده‌افشانی بیش از ۷۰ گونه گیاهی نقش دارند، ولی کشاورزی رایج با مصرف انواع سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی و تخریب و از بین بردن رویشگاه‌ها و زیستگاه‌های طبیعی باعث کاهش جمعیت آن‌ها شده است. به‌طور کلی، ۵۰ درصد تلفات کلونی زنبورهای عسل به فعالیت‌ها و نهاده‌های به‌کار گرفته شده در کشاورزی رایج نسبت داده شده است (Pretty et al., 2000). با این وجود، نتایج نشان داده است که هر ساله ۱۵۰۰۰ کلونی زنبور عسل تحت تأثیر مصرف سموم و آفت‌کش‌های شیمیایی از بین می‌روند (Hof & Willett, 1995). کاهش زیستگاه‌ها و مراتع و فشرده‌سازی کشاورزی، کاهش فراوانی جمعیت گرده‌افشان‌ها را موجب شده است (Winfrey et al., 2009). از دیگر عوامل تأثیرگذار در کاهش گرده-افشان‌ها می‌توان به کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی (Brittain et al., 2010)، تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی (Hester & Harrison, 2010) اشاره نمود. نابودی زیستگاه‌ها به‌دلیل افزایش مصرف آفت-کش‌ها موجب کاهش تنوع تعداد زیادی از حشرات گرده‌افشان به‌ویژه

است. البته بخشی از این پیامدها نیز به‌دلیل تلفات تنوع ژنتیکی، به‌ویژه تنوع گونه‌ای و رقم می‌باشد (Heywood, 1995; RAFI, 1997; Fowler & Mooney, 1990).

بوم‌نظام‌های طبیعی در برگیرنده موجوداتی هستند که با یکدیگر و نیز با محیط اثرات متقابل نشان می‌دهند. بوم‌نظام‌های طبیعی را بر حسب اجزای فیزیکی و زیستی و اثرات متقابل آن‌ها می‌توان شناسایی کرد. بوم‌نظام‌های کشاورزی به‌شدت تحت تأثیر انسان‌ها هستند. کشاورز، گونه‌های غالب در بوم‌نظام‌های زراعی را بر اساس هدف خود تعیین می‌کند؛ به عبارت دیگر، بوم‌نظام زراعی دارای تنوع هدفمند هستند که این امر در تضاد کامل با سیستم‌های طبیعی است که در آن‌ها فرآیندهای داخلی سیستم نقش بنیادی را در تعیین فراوانی نسبی گونه‌ها بازی می‌کند (Koocheki, 2002). بدین ترتیب، کاهش سطح جنگل‌ها و مراتع علاوه‌بر تغییر کاربری آن‌ها به زمین‌های زراعی به‌منظور تولید محصولات کشاورزی، مربوط به کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. از طرف دیگر، از آنجا که این رویشگاه‌ها به‌عنوان پناهگاه و زیستگاهی برای تعداد زیادی از موجودات محسوب می‌شوند، تخریب و کاهش سطح آن‌ها می‌تواند تهدیدی برای تنوع زیستی محسوب شود.

ب- تلفات کندوهای زنبور عسل: بالاترین تعداد کندوی

زنبور عسل طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۳ در استان خراسان شمالی برای سال ۱۳۹۰ با ۷۴۰۶۰ کندو گزارش شد، ولی تمام این کندوها، مدرن بودند. بالاترین تعداد کندوی بومی در این استان، در سال ۱۳۸۳ برابر با ۴۵۵۵ کندو بود که در سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۸۷ به‌ترتیب برابر با ۵۳، ۷۰، ۸۰ و ۸۲ درصد کاهش یافت و از این سال به بعد تعداد این کندوها در این استان به صفر رسید. بیشترین تعداد کندوی زنبور عسل طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۳ در استان خراسان جنوبی متعلق به سال ۱۳۸۸ با ۱۰۱۷۹۹ کندوی مدرن بود. بیشترین تعداد کندوی بومی در این استان برای سال ۱۳۸۳ برابر با ۱۲۳۴ کندو گزارش شد که طی سال‌های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ به‌ترتیب ۲۹ و ۹۹ درصد کاهش یافت و از این سال به بعد تعداد کندوهای بومی در این استان به صفر رسید. بالاترین تعداد کندوی زنبور عسل طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۳ در استان خراسان رضوی در سال ۱۳۸۳ با ۱۳۲۱۹۷ کندوی مدرن گزارش گردید. بیشترین تعداد کندوی بومی در این استان مربوط به سال ۱۳۸۳ با ۱۹۲۳ کندو بود. تعداد کندوهای بومی در این استان طی

زنبورهای عسل شده است (Tschamtket et al., 2005). ارزش سالیانه خدمات گرده‌افشانی برابر با ۱۵۳ میلیارد یورو برآورد شده است که تقریباً ۱۰ درصد کل ارزش اقتصادی دنیا را به خود اختصاص می‌دهد (Gallai et al., 2009).

کشاورزی صنعتی و فشرده تأثیر زیادی بر کاهش تنوع زیستی و حیات وحش دارد؛ بررسی‌ها نشان داده است که ۱۷۰ گونه در طول این قرن در اروپا منقرض شده‌اند که شامل هفت درصد از گونه‌های سنجاقک، پنج درصد از گونه‌های پروانه و دو درصد از ماهی‌ها و پستانداران می‌باشد (Pretty, 1998). پرتی و همکاران (Pretty et al., 2000) دلیل این تلفات زیستی و حیات وحش را به تک‌کشتی-های مداوم غلات، چرای بیش از حد دام‌ها، مصرف کودها و سموم شیمیایی و تغییر کاربری اراضی نسبت داده‌اند. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که کاهش سطح رویشگاه‌های طبیعی همچون جنگل‌ها و مراتع و به‌کارگیری کشاورزی فشرده تحت تأثیر استفاده از سموم شیمیایی از طریق حذف انتخابی برخی گونه‌های گیاهی و حذف گونه‌های مفید و غیرهدف به‌ویژه زنبورهای عسل موجب کاهش تعداد آن‌ها شده است.

گروه پنجم) خسارت به سلامت انسان تحت تأثیر مصرف مواد شیمیایی

الف - برآورد باقی‌مانده حشره‌کش شیمیایی دیازینون در محصولات کشاورزی: آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌های می‌توانند سلامت افراد را تحت تأثیر قرار دهند. معمولاً به‌دلیل درک پایین از اثرات مصرف این مواد شیمیایی هزینه‌های خارجی سلامت انسان تحت تأثیر مصرف آفت‌کش‌ها پایین در نظر گرفته می‌شود (Pretty, 1990; Pearce & Turner, 1998). اچ‌اس‌ای (HSE, 1998a; HSE, 1998b) گزارش نموده است که ۲۰۰-۱۰۰ نفر از جوامع انسانی هر ساله تحت تأثیر منفی مصرف مواد شیمیایی قرار می‌گیرند. رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2009) گزارش نمودند که میزان بقایای دیازینون در بافت خوراکی خربزه تربت جام و شیروان به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹۶ و ۰/۸۲۲ میلی گرم بر کیلوگرم بود. بنابراین، با توجه به حد مجاز بقایای سم در میوه خربزه (۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم) (FAO & WHO, 2000)، مشخص است که مقدار باقی‌مانده دیازینون در خربزه این مناطق به‌ترتیب ۴/۹۸ و ۴/۱۱ برابر حد مجاز می‌باشد. این محققان بر اساس

حد مجاز بقایای دیازینون (۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم) در خیار (FAO WHO, 2000)، میزان سم در خیار مشهد را ۱۴ درصد کمتر از حد مجاز گزارش نمودند. همچنین میزان سم در گوجه‌فرنگی شیروان را ۱/۱ برابر بیشتر از حد مجاز و در گوجه‌فرنگی تحت شرایط عدم مصرف سم و کود شیمیایی در مشهد ۲۴ درصد کمتر از حد مجاز برآورد نمودند. نامبردگان متوسط درصد بقایای سموم در خیار، خربزه و گوجه‌فرنگی (برای سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴) را به‌ترتیب ۰/۳۲، ۰/۹۱ و ۰/۴۶ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش نمودند. بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که مقادیر قابل توجهی دیازینون از طریق مصرف این محصولات وارد زنجیره غذایی شده است. البته میزان بقایای سموم بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و نوع مدیریت مزارع، متفاوت می‌باشد. با توجه به دوره زوال دیازینون، مشخص است که بایستی فاصله آخرین سم‌پاشی تا برداشت محصول حداقل سه هفته باشد. البته در این راستا، تحقیقات نشان داده است که وارپته، غلظت سم مصرفی، مدت زمان نگهداری میوه پس از برداشت و اثرات متقابل آن‌ها پس از برداشت نیز بر باقی‌مانده سم دیازینون مؤثر هستند (Abou-Arab & Abou-Donia, 2001; Motamedzadegan et al., 2006; Mehmet et al., 2006). به نظر می‌رسد چنانچه مصرف سم بیش از حد توصیه شده باشد، بایستی زمان بیشتری برای تجزیه سم در نظر گرفته شود تا باقی‌مانده آن‌ها تا حد قابل قبولی کاهش یابد.

بر اساس آمار کدکس، حد مجاز بقایای دیازینون در گوجه‌فرنگی و خیار به‌ترتیب برابر با ۰/۵ و ۰/۱ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (El-Lakwah et al., 1995; Sorode et al., 1981; FAO WHO, 2000). حجازی و همکاران (Hegazi et al., 2006) در بررسی رفتار، پایداری و بقایای حشره‌کش دیازینون در گوجه‌فرنگی اظهار داشتند که پس از گذشت یک ساعت از کاربرد حشره‌کش بقایای دیازینون برابر با ۱/۴۹ میلی گرم بر کیلوگرم بود.

بدین ترتیب، با توجه به بالا بودن سموم شیمیایی در محصولات کشاورزی بهتر است از سایر راهکارهای مدیریتی نظیر تناوب، ارقام مقاوم و مدیریت تلفیقی و کنترل بیولوژیک برای مدیریت آفات بهره‌گیری شود. همچنین، با توجه به مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تولید و مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی و افزایش بروز بیماری‌های خطرناک ناشی از مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی، وجود بقایای آفت-کش‌ها در محصولات کشاورزی و مواد غذایی بایستی مورد توجه جدی‌تر قرار گیرد (Mehmet et al., 2006). همچنین با توجه به

اهمیت خطرات ناشی از وجود بقایای سموم در رژیم غذایی، به‌ویژه در سبزیجات خام مصرف و نیز رعایت حقوق مصرف‌کنندگان، تحقیقات بیشتر در زمینه وجود انواع سموم شیمیایی و همچنین طول دوره کارنس و تأثیر شستشوی میوه‌ها و سبزیجات بر کاهش میزان بقایای سموم شیمیایی بایستی مدنظر قرار گیرند.

ب- برآورد باقی‌مانده نیتрат در محصولات کشاورزی:

اگرچه حداقل دامنه نیترات برای هیچ یک از سبزی‌ها و محصولات جالیزی از حد مجاز بالاتر نبود، ولی حداکثر دامنه نیترات در گوجه-

فرنگی، بادمجان، خیار و اسفناج در مقایسه با حد مجاز آن در این محصولات به‌ترتیب ۱/۴، ۰/۷۵، ۱۷/۱۵ و ۷/۳۸ درصد بالاتر بود. در چغندرقد نیز حد بالا و پایین آن از مقدار مجاز نیترات پایین‌تر بود. غلظت نیترات در سبزی‌های برگی بالاتر از محصولات جالیزی است (جدول ۶). بنابراین، استفاده از سبزی‌های برگی با غلظت بالای نیترات می‌تواند از طریق بروز مشکلات و بیماری‌هایی در سیستم گوارشی تهدیدی جدی برای سلامتی جوامع زیستی محسوب گردد.

جدول ۶- مقایسه غلظت نیترات در تعدادی از سبزی‌ها در مقایسه با حد مجاز
Table 6- Nitrate concentration of vegetable compared to allowable limit

نوع گیاه	حد مجاز نیترات	دامنه مقادیر اندازه‌گیری شده
Plant type	Nitrate allowable limit	Range of Measured contents
گوجه‌فرنگی Tomato	300	17.7-304.2
بادمجان Eggplant	200	124-201.5
خیار Cucumber	200	70.9-234.3
چغندرقد Sugarbeet	3000	1555.3-2210.3
اسفناج Spinach	500	389.0-536.9

تلفات نیتروژن و فسفر در بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های خراسان طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۵ کاهش یافت؛ به‌طوری‌که بالاترین میزان تلفات این عناصر در بوم‌نظام‌های زراعی استان خراسان در سال ۱۳۸۵ مشاهده گردید. همچنین با مقایسه سه استان خراسان رضوی، شمالی و جنوبی مشخص گردید که بالاترین میزان تلفات این عناصر مربوط به خراسان رضوی بود (Agricultural Organization of Khorasan Razavi, 2008; 2009; 2011; 2012) که این موضوع با توجه به مصرف بالاتر این کودهای شیمیایی در این استان منطقی به نظر می‌رسد.

به نظر می‌رسد که افزایش سطح آگاهی کشاورزان از عوارض نامطلوب مواد شیمیایی، ارتقای نگرش مصرف‌کننده‌ها، بروز بیماری‌های مختلف و تقاضا برای محصولات سالم و با کیفیت از طریق کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی، اُفت تلفات آن‌ها را به دنبال داشته است. گراندی و همکاران (Grandy et al., 2006) بیان داشتند از کل نیتروژن مصرفی، ۸۵-۸۰ درصد به‌دلیل حلالیت بالا وارد محیط زیست می‌شود. راثو (Rao, 1999) دریافت که ۵۰-۲۰

اگرچه نیترات به‌طور مستقیم برای انسان سمی نیست، ولی این در روده و دهان به نیتريت احیا شده و باعث بروز متهموگلوبین می‌گردد و کاهش ظرفیت خون را برای حمل اکسیژن به‌دنبال دارد. علاوه‌براین، ارتباط بین محتوی نیترات و بروز بیماری‌های مختلفی همچون سرطان از طریق تشکیل نیتروزآمین نیز تأیید شده است (Pretty et al., 2000). بدین ترتیب، بایستی مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه در بوم‌نظام‌های زراعی کاهش یابد و میزان مصرف بر اساس محتوی آن در خاک و بسته به نیاز گیاه انجام شود. فلاح‌پور و همکاران (Fallahpour et al., 2012) دریافتند که در مقادیر کم کود نیتروژن در نظام‌های تولید گندم و جو، اثرات زیست‌محیطی به‌مراتب پایین‌تر بود و با افزایش مصرف کود این اثرات نیز افزایش یافت.

گروه ششم) خسارت به محیط زیست تحت تأثیر مصرف انواع مواد شیمیایی

الف- برآورد میزان تلفات کودهای شیمیایی نیتروژنه:

درصد نیتروژن به‌صورت آب‌شویی و ۲۰-۵ درصد نیتروژن به‌صورت تبخیر آمونیوم از دسترس خارج می‌شود؛ در حالی که بر اساس گزارش لو و همکاران (Lv et al., 2010) میزان تلفات کودهای فسفره ۱۷ درصد می‌باشد. بروز دنتریفیکاسیون علاوه‌بر کاهش حاصلخیزی خاک تحت تأثیر تلفات نیتروژن و تغییر فرم آن از حالت قابل دسترس، موجب اوتریفیکاسیون می‌شود. این فرآیند همچنین بر شیمی اتمسفر تأثیر گذاشته و با تولید اکسیدهای نیتروژن، تخریب ازن استراتوسفر را موجب می‌گردد (Rao, 1999).

رائو (Rao, 1999) اظهار داشت که از آنجا که بذر درخت نیمه (*Azadirachta indica*) حاوی ترکیبات لیپیدی است که به‌عنوان ممانعت‌کننده تلفات نیتروژن عمل می‌کند، برای بهبود کارایی مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه می‌توان مصرف این نهاده آلی دارای حالیت کم را در بوم‌نظام‌های زراعی مدنظر قرار داد. همچنین می‌توان با انتخاب تناوب مناسب و مصرف کودهای با حالیت کمتر کارایی این عنصر را بهبود بخشید. به‌منظور بهبود کارایی کودهای شیمیایی بایستی از طریق مخلوط کردن کود با خاک، قرار دادن نواری یا نقطه‌ای کود در نزدیکی ریشه گیاهان استفاده کرد و از کاربرد سطحی کودهای شیمیایی به‌منظور بهبود کارایی و کاهش تلفات آن‌ها اجتناب نمود.

ب- ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کاربرد

آفت‌کش‌های شیمیایی: روش EQI^2 یا شاخص تأثیر زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها روشی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی آفت‌کش‌ها است (Kovach et al., 2004). بزرگر و همکاران (Bazrgar et al., 2013) با ارزیابی اثرات زیست‌محیطی کاربرد آفت‌کش‌ها در نظام‌های تولید چغندرقد در خراسان اظهار داشتند که بیشترین مقدار EQI در بین آفت‌کش‌های مورد استفاده برای حشره-کش متاسیستوکس-آر (۷۵/۰۳) و بازودین (۴۴/۰۳) حاصل شد و علف‌کش پیرامین (۱۶/۰۱) و حشره‌کش میچ (۱۶/۲۹) نیز دارای کمترین مقدار بودند. همچنین حشره‌کش متاسیستوکس-آر (۸۰) دارای بیشترین اثر بر کارگران مزرعه بود و کمترین میزان برای دورسبان (۶) برآورد گردید. قارچ‌کش‌ها دارای بیشترین اثر در بین گروه‌های مختلف آفت‌کش‌ها بر مصرف‌کنندگان بودند؛ به‌لحاظ اثرات اکولوژیک نیز حشره‌کش‌های متاسیستوکس-آر و بازودین به‌ترتیب با

۱۲۸/۱ و ۱۲۲/۷۵ دارای بیشترین آسیب‌رسانی و علف‌کش‌های رونیت و میچ به‌ترتیب با ۳۳ و ۳۳/۶۳ دارای کمترین آسیب‌رسانی بودند. بدین ترتیب، این محققان دریافتند که دو حشره‌کش متاسیستوکس-آر و بازودین پر مخاطره‌ترین آفت‌کش‌های مورد استفاده می‌باشند. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2011) و بیوئس و همکاران (Bues et al., 2004) بیشترین اثر منفی کاربرد آفت‌کش‌ها را به‌ترتیب مربوط به جزء اکولوژیکی، کارگران مزرعه و مصرف‌کنندگان و آب‌شویی نسبت دادند. هیومبرت و همکاران (Humbert et al., 2007) نیز با بررسی اثر سمیت مهم‌ترین آفت-کش‌ها در کاستاریکا اظهار داشتند دیازینون ۷۵ درصد از سمیت اکولوژیک را موجب شده است. بیوئس و همکاران (Bues et al., 2004) نیز در بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید گوجه‌فرنگی با EQI نشان دادند که حشره‌کش‌ها بیشترین فشار را بر محیط زیست وارد می‌کنند.

توجه به استفاده از آفت‌کش‌های کم‌خطرتر، سیاست‌گذاری در جهت انتخاب آفت‌کش‌های جایگزین و غلظت بهینه مصرف از سوی سیاست‌گذاران، مدیران و کشاورزان می‌تواند در رسیدن به این هدف راهگشا باشد و تمایل نظام‌های تولید محصولات کشاورزی را به‌سوی نظام‌های مکانیزه‌تر و پرتولیدتر در مقیاس ملی هزینه‌های زیست‌محیطی تولید چغندرقد مورد نیاز داخل کشور کمتر کند و در مقیاس جهانی نیز از ایجاد بار زیست‌محیطی ناشی از حمل و نقل تولید غیرمحلی جلوگیری نماید.

استفاده مداوم از سموم دفع آفات ممکن است ریزموجودات خاکری را با تغییر در خصوصیات، جمعیت و فعالیت این ریزموجودات در نتیجه حاصلخیزی و باروری خاک به‌ویژه در لایه‌های سطحی خاک به‌شدت تحت تأثیر قرار دهد. البته میزان مصرف سموم نیز حائز اهمیت است، زیرا می‌تواند موجب اختلال در فراوانی جمعیت، فعالیت و ترکیب ریزجانداران خاک شود (Locke & Zablotowicz, 2004). رجز و همکاران (Roger et al., 1994) اظهار داشتند که استفاده از این ترکیبات به‌صورت بالقوه می‌تواند اثرات زیان‌باری بر ریزموجودات آبزی و خاکری به‌همراه داشته باشد. هارت و بروکز (Hart & Brookes, 1999) نیز دریافتند که برخی از شاخص‌های زیستی خاک نظیر کربن و نیتروژن و ضریب متابولیکی به‌شدت تحت تأثیر مصرف این مواد قرار گرفت. ایزنهاور و همکاران (Eisenhauer et al., 2009) نشان دادند که سموم مختلف اثرات متفاوتی بر

فعالیت‌های زیستی خاک داشتند و مصرف آن‌ها سبب کاهش و یا افزایش شاخص‌های زیستی گردید. بنابراین، با توجه به استفاده روزافزون سموم شیمیایی در کشاورزی و از آنجا که خاک یکی از دریافت‌کنندگان اصلی این گونه سموم شیمیایی بوده و این ترکیبات می‌تواند توازن اکولوژیکی گونه‌های زیستی خاک را مختل سازد (Eisenhauer et al., 2009) و با در نظر گرفتن این مطلب که غلظت‌های زیاد برخی از سموم شیمیایی در کنترل آفات و بیمارهای گیاهی می‌تواند برای سایر جانداران مضر باشد (Eisenhauer et al., 2009; Locke & Zablotowicz, 2004) و همچنین روند افزایشی مصرف این سموم شیمیایی در کشور، به نظر می‌رسد که بایستی از طریق مدیریت زراعی میزان و نحوه استفاده از سموم را طوری تنظیم نمود تا آسیب وارده به محیط زیست به حداقل ممکن کاهش یابد و خصوصیات بیولوژیکی خاک نظیر جمعیت ریزجانداران خاکری که مهم‌ترین شاخص سلامت، پایداری و حاصلخیزی خاک هستند، نیز تضمین گردد (Pedersen, 1988).

نتیجه‌گیری

طی سال‌های اخیر سطح زیر کشت در استان‌های خراسان افزایش یافت، ولی توسعه بیشتر آن با توجه به محدودیت‌های اقلیمی، خاک و آب و تخریب‌های شیمیایی و فیزیکی خاک از قبیل شور شدن و فرسایش امکان‌پذیر نیست. توزیع و مصرف نهاده‌های شیمیایی طی سال‌های اخیر افزایش یافته و نسبت تولید به کود، روند کاهشی نشان می‌دهد. بدون تردید اگرچه مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند از توسعه بی‌رویه سطح زیر کشت جلوگیری نماید، ولی مصرف بی‌رویه آن علاوه بر کاهش کارایی تولید با افزایش ورود مواد معدنی و ترکیبات مضر نیتروژنه به آب‌های سطحی و زیرزمینی موجب بروز آلودگی‌های خطرناک می‌شود. با توجه به بالا بودن میزان آب مصرفی در کشاورزی و همچنین در نظر گرفتن تغییرات اقلیمی آینده می‌توان از راهکارهایی نظیر بهبود راندمان مصرف آب، تغییر الگوی کاشت و نوع گیاهان برای بهبود بهره‌وری آب بهره‌برداری نمود. بالاتر بودن غلظت نیتروژن نیتراتی، بیانگر آلودگی آب‌های زیرزمینی به نیترات است. بنابراین، مدیریت نامناسب کودهای نیتروژنه در مزارع استان خراسان باعث می‌شود آب‌های زیرزمینی تحت آلودگی مداوم نیترات قرار دارند. با توجه به بالاتر بودن باقی‌مانده حشره‌کش‌ها در آب آبیاری به نظر می‌رسد که موجودات آبی و سایر موجودات زنجیره

غذایی نیز در معرض خطر آلودگی این سموم قرار دارند، لذا به‌منظور حفظ سلامتی جوامع در محیط زیست بهتر است مقدار مصرف سموم کاهش یابد و از سایر راهکارهای اکولوژیکی نظیر کنترل بیولوژیکی بهره‌گیری شود. میانگین غلظت نیترات خاک بالاتر از حد بحرانی نیترات بود. از آنجا که ورود نیترات به زنجیره غذایی مشکلات زیادی ایجاد می‌کند، به نظر می‌رسد که خاک‌های مزارع استان نیاز به افزودن بیش از اندازه کود نیتروژنه ندارند و بایستی مصرف کود با توجه به نیتروژن خاک و نیاز گیاه به‌صورت سرک انجام شود. محتوی کربن آلی در زیستگاه طبیعی و مرتع بالاتر از اراضی زراعی بود. بدین ترتیب، می‌توان از راهکارهایی نظیر افزودن بقایای گیاهی و نهاده‌های آلی و کاهش عملیات خاک‌ورزی برای مدیریت بوم‌نظام‌های زراعی بهره جست. اگرچه آفات، خسارت قابل توجهی به محصولات کشاورزی وارد می‌کنند، ولی مداخله بیش از حد باعث برهم خوردن تعادل اکولوژیکی شده است. به‌علاوه، چون این سموم باعث افزایش مقاومت می‌شوند، کشاورزان مجبورند هر ساله مقدار سم مصرفی را افزایش دهند. بقایای این ترکیبات در محیط، مخاطرات مربوط به تولید و توزیع این سموم، افزایش مقاومت آفات نسبت به مواد شیمیایی و آلودگی شیمیایی مواد غذایی از جمله چالش‌ها هستند. بنابراین، از آنجا که ماده آلی، نقش بافری و ظرفیت تعدیل‌کنندگی بالاتری در زمینه کاهش اثرات سوء مواد سمی برای تجزیه آفت‌کش‌ها دارند، می‌توان افزایش محتوی ماده آلی را مدنظر قرار داد. طی سال‌های اخیر سطح جنگل‌ها و مراتع در استان‌های خراسان کاهش یافته که دلیل این کاهش علاوه بر تغییر کاربری اراضی، مربوط به کاهش بارندگی و افزایش درجه حرارت تحت تأثیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. از طرف دیگر، از آنجا که این رویشگاه‌های طبیعی، زیستگاهی برای موجودات محسوب می‌شوند، تخریب این بوم‌نظام‌ها و کاهش سطح آن‌ها می‌تواند تهدیدی برای تنوع زیستی محسوب شود. اگرچه تعداد کندوهای مدرن زنبور عسل با گذشت زمان در استان‌های خراسان افزایش یافت، ولی کاهش سطح زیستگاه‌های طبیعی از طریق تغییر کاربری اراضی و خشک شدن آن‌ها تحت تأثیر تغییرات اقلیمی و مصرف سموم و نهاده‌های شیمیایی باعث کاهش تعداد کندوهای بومی شد. با توجه به اینکه زنبور عسل جزو موجودات خونسرد بوده و وابستگی شدیدی به شرایط محیط دارد، لذا هر گونه تغییری در اقلیم و محیط اطراف آن تأثیر مستقیمی روی زندگی خواهد داشت.

زراعی است، بایستی از کودهای با حلالیت کمتر و تعیین میزان مصرف کود بر اساس نیاز گیاه و مرحله رشدی گیاه استفاده کرد. از آنجا که خاک دریافت‌کننده اصلی این سموم شیمیایی بوده و اثرات این ترکیبات بر جامعه زیستی خاک می‌تواند توازن اکولوژیکی گونه‌های زیستی را مختل سازد و با در نظر گرفتن این مطلب که غلظت‌های زیاد برخی از این سموم می‌تواند برای انسان، گیاهان، ریزجانداران و سایر جانداران مضر باشد و همچنین توجه به روند افزایشی مصرف سموم شیمیایی، بایستی از طریق مدیریت زراعی میزان و نحوه استفاده از این سموم را طوری تنظیم نمود تا آسیب وارده به محیط زیست کاهش یابد و خصوصیات بیولوژیکی خاک تضمین گردد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار پژوهش به شماره ۲۳۱۶۲ مورخ ۱۳۹۱/۰۶/۰۸ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

حداکثر دامنه نیترات برای گوجه‌فرنگی، بادمجان، خیار و اسفناج در مقایسه با حد مجاز نیترات بالاتر بود. در مورد چغندر قند نیز حد بالا و پایین دامنه آن از مقدار مجاز نیترات پایین‌تر بود. بنابراین، از آنجا که استفاده از سبزی‌های برگی با غلظت بالای نیترات می‌تواند باعث بروز مشکلات و بیماری‌هایی در سیستم گوارشی و سلامتی انسان و دام گردد و در نظر گرفتن این مطلب که این ماده باعث بروز بیماری متهموگلوبین می‌گردد و کاهش ظرفیت خون را برای حمل اکسیژن به دنبال دارد، بایستی مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه در بوم‌نظام‌های زراعی کاهش یابد و میزان آن بر اساس محتوی آن در خاک و بسته به نیاز گیاه انجام شود. میزان تلفات نیتروژن و فسفر در بوم‌نظام‌های زراعی استان‌های خراسان با گذشت زمان کاهش یافت. بالاترین تلفات نیتروژن و فسفر مربوط به خراسان رضوی بود. افزایش سطح آگاهی کشاورزان از عوارض نامطلوب مواد شیمیایی، ارتقای نگرش مصرف‌کننده‌ها، بروز بیماری‌های مختلف و تقاضا برای محصولات سالم از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی، اُفت تلفات آن‌ها را به دنبال داشته است. بدین ترتیب، از آنجا که تلفات کودهای شیمیایی ناشی از افزایش مصرف آن‌ها در بوم‌نظام‌های

References

- Abou-Arab, A.A.K., and Abou-Donia, M.A., 2001. Pesticide residues in some Egyptian spices and medicinal plants as affected by processing. *Food Chemistry* 72(4): 439-445.
- Accinelli, C., Dinelli, G., Vicari, A., and Catizone, P., 2001. Atrazine and metolachlor degradation in subsoils. *Biology and Fertility of Soils* 33: 495-500.
- Agricultural Organization of Khorasan Razavi., 2008. Statistical Yearbook of Agriculture. 402 pp. (In Persian) Available at: www.agri-jihad.ir (In Persian)
- Agricultural Organization of Khorasan Razavi., 2009. Statistical Yearbook of Agriculture. 402 pp. (In Persian) Available at: www.agri-jihad.ir (In Persian)
- Agricultural Organization of Khorasan Razavi., 2011. Statistical Yearbook of Agriculture. 219 pp. (In Persian) Available at: www.agri-jihad.ir (In Persian)
- Agricultural Organization of Khorasan Razavi., 2012. Statistical Yearbook of Agriculture. 240 pp. (In Persian) Available at: www.agri-jihad.ir (In Persian)
- Alvey, S., and Crowley, D.E., 1995. Influence of organic amendments on biodegradation of atrazine as a nitrogen source. *Journal of Environmental Quality* 24: 1156-1162.
- Ambrus, A., Lantos, V., Visin, E., and Lsarvi, L., 1981. General method for determination of pesticide residues in sample of plant origin, soil and water. Extraction and clean up. *Journal Association of Chemistry* 64(3): 736-737.
- Barata, C., Solayan, A., and Porte, C., 2004. Role of B-esterases in assessing toxicity of organophosphorus (Chlorpyrifos, Malathion) and carbamate (carbofuran) pesticides to *Daphnia magna*. *Aquatic Toxicology* 66(2): 125-139.
- Bazrgar, A.B., Soltani, A., Koocheki, A., Zeinali, E., and Ghaemi, A.R., 2013. Evaluation of the environmental impacts of pesticides used in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production systems in Khorasan provinces. *Agroecology* 5(2): 122-133. (In Persian with English Summary)
- Bouwman, A., 2001. Global estimates of gaseous emissions from agricultural land. Rome, FAO.

- Bremner, J.M., 1970. Nitrogen Total, Regular Kjeldahl Method. In: *Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Ed. Agronomy 9(1). A.S.A. Inc., S.S.S.A. Inc., Madison publisher, Wisconsin., USA, p. 610-616.
- Brittain, C.A., Vighi, M., Bommarco, R., Settle, J., and Pts, S.G., 2010. Impacts of a pesticide on pollinator species richness at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology* 11(2): 106-115.
- Brouwer, R., 1999. Market Integration of Agricultural Externalities: A Rapid Assessment Across EU Countries. Report for European Environment Agency, Copenhagen.
- Bues, R., Bussi eres, P., Dadomo, M., Dumas, Y., Garcia-Pomar, M.I., and Lyannaz, J.P., 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on processing tomato crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102: 155-162.
- Butz, S., and Stan, H.J., 1995. Screening of 265 pesticides in water by thin layer chromatography with AMD. *Analytical Chemistry*, 67: 620- 630.
- Castilho, I.A.A., and Fenz, N., 1999. Organ chlorine and organophosphorus pesticide residue in the Atoya river basin Chinandega Nicaragua. *Environmental Pollution* 110(2000): 523-33.
- Chirinda, N., Olesen, J.E., Porter, J.R., and Schjonning, P., 2010. Soil properties, crop production and greenhouse gas emissions from organic and inorganic fertilizer-based arable cropping systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 139: 584-594.
- Cooper, J.M., Butler, G., Leifert, and C., 2011. Life cycle analysis of greenhouse gas emissions from organic and conventional food production systems, with and without bio-energy options. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences* 58: 185-192.
- Cupples, A.M., Sims, G.K., Hultgren, R.P., and Hart, S.E., 2000. Effect of soil conditions on the degradation of cloransulam-methyl. *Journal of Environmental Quality* 29:786-794.
- Dakhel, N., Barriuso, E., Charnay, M.P., Touratier, C.H., and Ambrosi, D., 2001. Amitrole degradation in vineyard soils in relation to pedo-climatic conditions. *Biology and Fertility of Soils* 33: 490-494.
- Dale, V.H., and Polasky, S., 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64: 286-296.
- Day, B.E., Jordan, L.S., and Hendrixon, R.T., 1961. The decomposition of amitrole in California soils. *Weeds* 9: 443-456.
- De Groot, R.S., Wilson, M.A., and Boumans, R.M.J., 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.
- Dell, C.J., Salon, P.R., Franks, C.D., Benham, E.C., and Plowden, Y., 2008. No-till and cover crop impacts on soil carbon and associated properties on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Soil and Water Conservation* 63(3): 136–142.
- Denkler, M., 1994. Mikrobielle Abbau und Verlagerung ausgewelter Pflanzenschutzmittel im Ackerboden, Forschungsbereich Bodenwissenschaften Seite p. 15-20.
- DFG., 1990. Zusammen fassung der Arbeiten Ueber Verhalten und Nebenwirkungen von Herbizide, DFG-Forschung. Seite p. 320-340.
- Diaz Goebes M., Stader R., and Davidson C., 2003. An ammonia emisiion inventory for fertilizer application in the United Sattes. *Atmospheric Environment* 37: 2539-2550.
- Edwards, J.H., Wood, C.W., Thurlow, D.L., and Ruf, M.E., 1992. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a hapludult soil. *Soil Science Society of America Journal* 56: 1577-1582.
- Eisenhauer, N., Klier, M., Partsch, S., Sabais, A.C.W., Scherber, C., Weisser, W.W., and Scheu, S., 2009. No interactive effects of pesticides and plant diversity on soil microbial biomass and respiration. *Applied Soil Ecology* 42: 31-36.
- El-Lakwah, F.A., Hamed, M.S., and Darwish, A.A., 1995. Determination of certain organochlorine and organphosphorus pesticide residues in home-produced tomatoes and cucumbers used for consumption in two Egyptian governorates [Egypt]. *Annals of Agriclultural Science, Moshtohor* 33(1): 399-407.
- Evans, R., 1995. Soil Erosion and Land Use: Towards a Sustainable Policy. Cambridge Environmental Initiative, University of Cambridge, Cambridge.
- Evans, R., 1996. Soil Erosion and its Impact in England and Wales. Friends of the Earth Trust, London. Evans, H.S., Madden, P., Douglas, C., Adak, G.K., O'Brien, S.J., Djuretic, T., Wall, P.G., and Stanwell-Smith, R., 1998. General

- outbreaks of infectious disease in England and Wales 1995-96. *Comm. Dis. Public Health* 1(3): 165-171.
- Fallahpour, F., Aminghafoori, A., Ghalegolab Behbahani, A. and Bannayan, M., 2012. The environmental impact assessment of wheat and barley production by using life cycle assessment (LCA) methodology. *Environment, Development and Sustainability* 14: 979-992
- FAO and WHO., 2000. Codex Alimentarius Commission. CX/PR00/5.
- FAO. 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030. An FAO Perspective. <http://www.fao.org>
- Fleischer, G., and Waibel, H., 1998. Externalities by pesticide use in Germany. Paper presented to Expert Meeting. The Externalities of Agriculture: What do we Know? EEA, Copenhagen, May 1998.
- Forouzangohar, M., Haghnia, G.H., Koocheki, A., Tabatabaie-Yazdi, F., 2005. Effect of organic amendments and soil texture on degradation of Atrazine and Metamitron. *JWSS- Isfahan University of Technology* 9(1): 131-142. (In Persian with English Summary)
- Fowler, C., and Mooney, P., 1990. The Threatened Gene: Food, Policies and the Loss of Genetic Diversity. The Lutterworth Press, Cambridge.
- Fuentes, M., Govaerts, B., Hidalgo, C., Etchevers, J., González-Martín, I., Hernández-Hierro, J., Sayre, K.D., and Dendooven, L., 2010. Organic carbon and stable ^{13}C isotope in conservation agriculture and conventional systems. *Soil Biology and Biochemistry* 42: 551-557.
- Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., and Vaissière, B.E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68(3): 810-821.
- Gasol, C.M., Gabarrell, X., Anton, A., Rigola, M., Carrasco, J., Ciria, M.J., and Rieradevall, J., 2007. Life cycle assessment of a *Brassica carinata* bioenergy cropping system in southern Europe. *Biomass and Bioenergy* 31: 543-555.
- Ghermandi, A., van den Bergh, J.C.J.M., Brander, L.M., de Groot, H.L.F., and Nunes, P.A.L.D., 2010. The values of natural and human-made wetlands: a meta-analysis. *Water Resources Research* 46: W12516.
- Grandy, A.S., Loecke, T.D., Parr, S., and Robertson, G.P., 2006. Long-term trends in nitrous oxide emissions, soil nitrogen, and crop yields of till and no-till cropping systems. *Journal of Environmental Quality* 35: 1487-1495.
- Hadizadeh, M.H., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Zand, E., and Tabatabayee Yazdi, F., 2009. Effects of organic matters and solfussulfurune noncentration on its sustainability in soil. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 301-309. (In Persian with English Summary)
- Hanley, N., Whitby, M., and Simpson, I., 1999. Assessing the success of agri-environmental policy in the UK. *Land Use Policy* 16: 67-80.
- Hart, M.R., and Brookes, P.C., 1999. Soil microbial biomass and mineralization of soil organic matter after 19 years of cumulative field applications of pesticides. *Soil Biology and Biochemistry* 28: 1641-1649.
- Hashimoto, M., Nose, T., and Muriguchi, Y., 2002. Wood products: potential carbon sequestration and impact on net carbon emissions of industrialized countries. *Environmental Science and Policy* 5: 183-193.
- Hegazi, M.E.A., Afify, A.M.R., Hamama, A.A., and El-Refahey, T.F.A., 2006. Persistence and behavior of certain insecticide residues on tomato fruits in relation to processing and biochemical constituents of fruits. *Egyptian Journal of Agricultural Research* 84: 853-866.
- Henklmann, G., 2004. Dasverhalten Von Pflanzenschutzmitteln im Agrar oekosystem. Dipl. Arbeit, lfl muenchen, Seit p. 25-40.
- Hester, R.E., and Harrison, R.M., 2010. Scosystems Services. RSC Publishing, The Royal Society of Chemistry, Cambridge CB4 0WF, UK 176 pp.
- Heywood, V.H., 1995. Global Biodiversity Assessment. United Nations Environment Programme and Cambridge University Press, Cambridge.
- Hof, F.L., and Willett, L.S., 1995. The US Beekeeping Industry. USDA Agricultural Research Service, USDA, Washington, DC.
- HSE., 1998a. Pesticides Incidents Report 1997/8. Health and Safety Executive, Sudbury.
- HSE., 1998b. Pesticide Users and their Health: Results of HSE's 1996/7 Feasibility Study. Available at: <http://www.open.gov.uk/hse/hsehome.htm>
- Humbert, S., Margni, M., Charles, R., Torres Salazar, O.M., Quirós, A.L., and Jolliet, O., 2007. Toxicity assessment of the main pesticides used in Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 183-190.

- Hutchinson, J.J., Campbell, C.A., and Desjardins, R.L., 2007. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 142: 288–302.
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change, Data Distribution Center., 1999. Providing climate change and related scenarios for impacts assessments. Climatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK, CD-ROM Version 1.0, April 1999.
- Izadi, E., Rashed Mohassel, M.H., Mahmoudi, G., and Dehghan, M., 2011. Evaluation of crops sensitivity to total (Mesosulfuron+Metsulfuron) herbicide soil residue. *Journal of Plant Protection* 25(2): 194-201. (In Persian with English Summary)
- Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.M., 2008. Principle of Sustainable Agriculture. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., and Tscharntke, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 274(1608): 303–313.
- Koocheki, A., 2002. Sustainable agriculture and environment. Report of Food Security Project, Department of Agricultural Science, Academy of Sciences of the Islamic Republic of Iran. pp. 664-605. (In Persian)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Amin Ghafouri, A., Mahloji, M., and Fallahpour, F., 2016. Monetary value of agroecosystem services of wheat fields in Khorasan Razavi province. *Agroecology* 8(4): 612-627. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., Azimi, R., and Aghel, H., 2010. Documentation of farming management with GIS and ArcView: A case study for agricultural research station of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(6): 909-919. (In Persian with English Summary)
- Kovach, J., Petzoldt, C., Degni, J., and Tette, J., 2004. A method to measure the environmental impact of pesticides: updated EIQ values. Available at website: <http://www.nysipm.cornell.edu/publications/EIQ/default.asp> (verified at 20 February 2011)
- Locke, M.A., and Zablotowicz, R.M., 2004. Pesticides in soil– benefits and limitations to soil health. In: P. Schjonning, S. Elmholt, and B.T. Christensen (Eds.). *Managing soil quality: challenges in modern agriculture*. Chapter 14. CAB international, Wallingford, England, p. 239-260.
- Lv, Y., Gu, S., and Guo, D., 2010. Valuing environmental externalities from rice–wheat farming in the lower reaches of the Yangtze River. *Ecological Economics* 69: 1436-1442.
- Mahdavi Damghani, A., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M., 2005. Ecological Sustainability of a Wheat-cotton Agroecosystem in Khorassan. *Iranian Journal of Field Crops Research* 3(1): 129-142. (In Persian with English Summary)
- Maheswari, S.T., and Ramesh, A., 2007. Adsorption and degradation of sulfosulfuron in soils. *Environmental Monitoring and Assessment* 127: 97-103.
- MEA, Millennium Ecosystem Assessment., 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington DC.
- Mehmet, F.G., Certel, M., and Göçmen, H., 2006. Residue contents of DDVP (Dichlorvos) and diazinon applied on cucumbers grown in greenhouses and their reduction by duration of a pre-harvest interval and post-harvest culinary applications. *Food Chemistry* 98: 127-135.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA)., 2005. Summary for decision makers. In: *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, 1-24. Washington, D.C.: Island Press.
- Moorman, T.B., Cowan, J.K., Arthur, E.L., and Coats, J.R., 2001. Organic amendments to enhance herbicide biodegradation in contaminated soils. *Biology and Fertility of Soils* 33: 541-545.
- Motamedzadegan, A., Mortazavi, A., Maghsoodloo, Y., Amiri, B., and Esmailzadeh Kenari, R., 2006. Evaluation of pesticide residues in melons sprayed three times with diazinon on Khorasn-Razavi province. *Agricultural Science and Technology Journal* 2: 13-19.
- Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani, P., and Beheshti, A., 2007. *Agroecology*. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 459 pp. (In Persian)
- Norris, K., Potts, S.G., and Mortimer, S.R., 2010. Ecosystem services and food production. In: R.E. Hester and R.M. Harrison (Eds.) *Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology*. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 52-69.

- Nosrati, A., Iranbakhsh, A.R., and Saboori, M.S., 2007. A survey on dispersion and disintegration of herbicides 2, 4 D and Atrazin in field conditions. *Pajouhesh and Sazandegi* (75): 86-96. (In Persian with English Summary)
- Oglethorpe, D., Edgerton, N., and Hanley, N., 2000. Modeling the demand and supply of environmental goods for efficient public good provision. Paper presented at Annual Meeting of the Agricultural Economics Society 14-17 April, Manchester.
- Paetzold, S., 1998. Herbizid anwendung im obstbu-Messung des Abbau-Von Simazin in Loessboeden. Institut fuer Bodenkunde, University of Bon, Seite p. 5-30.
- Pearce, D.W., and Turner, R.H., 1990. *Economics of Natural Resources and the Environment*. Harvester Wheatsheaf, New York.
- Pedersen, T.L., 1988. *Elements of toxicology and chemical risk assessment, a handbook for nonscientists, attorneys and decision makers* (2nd Ed). Environmental Corporation, Washington DC, USA.
- Pimentel, D., Acguay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., Lipner, V., Giordano, S., Harowitz, A., and D'Amore, M., 1992. Environmental and economic cost of pesticide use. *Bioscience* 42(10): 750-760.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kunz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saouri, R., and Blair, R., 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science* 267: 1117-1123.
- Pretty, J., Hine, R., Gee, D., and Vaz, S., 1999. *The Externalities of European Agriculture: Towards Fair and Efficient Pricing*. European Environment Agency, Copenhagen.
- Pretty, J.N., Brett, C., Gee, D., Hine, R.E., Mason, C.F., Morison, J.L.L., Raven, H., Rayment, M.D., and Van Der Bijl, G., 2000. An assessment of the total external costs of UK agriculture. *Agricultural Systems* 65: 113-136.
- RAFI, 1997. *Human Nature: Agricultural Biodiversity and Farm-Based Food Security* (Report for the UN FAO, Rome). Rural Advancement Foundation International, Canada.
- Rahmani, H.R., 2006. Investigation of nitrate pollution in the soil, water and plants in some agricultural fields in Baraan (Isfahan). *Environmental Sciences* 11: 23-34. (In Persian with English Summary)
- Rao, N.S.S., 1999. *Soil Microbiology*. Science Publishers 407 pp.
- Rezvani Moghadam, P., Ghorbani, R., Koocheki, A., Alimoradi, L., Azizi, G., and Siyamargooyi, A., 2009. Evaluation of pesticide residue in agricultural products: a case study on diazinon residue rate in tomato (*Solanum lycopersicum*), cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*Cucumis melo*). *Environmental Sciences* 6(3): 63-72. (In Persian with English Summary)
- Roger, P.A., Simpson, I., Oficialc, R., Ardales, S., and Jimenez, R., 1994. Effects of pesticides on soil and water microflora and mesofauna in wetland rice fields: a summary of current knowledge and extrapolation to temperate environments. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 1057-1068.
- Shayeghi, M., Khoobdel, M., and Vatandoos, H., 2007. Determination of organophosphorus insecticides (Malathion and Diazinon) residue in the drinking water. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(17): 2900-2904.
- Shayeghi, M., Motesadi Zarandi, S., Ladoni, H., and Shayeghi, S., 2000. Assessing Lindane residual in the rice fields surface layers: using TLC method. *The Journal of Qazvin University of Medical Sciences* 4(1): 29-35. (In Persian with English Summary)
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E., 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133: 247-266.
- Soltani, A., Rajabi, M.R., Soltani, E., and Zeinali, E., 2011. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan, Final Report, Research Vice-Presidency, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources 201-218. (In Persian with English summary)
- Sorode, S.V., Lalitha, P., and Krishnamurthy, P.N., 1981. Residues of fenthion in/on musk melon. *Journal of Ethological Research* 5: 179-181.
- Steiner, R., McLaughlin, L., Faeth, P., and Janke, R., 1995. Incorporating externality costs in productivity measures: A case study using US agriculture. In: V. Barbett, R. Payne and R. Steiner, (Eds.), *Agricultural Sustainability: Environmental and Statistical Considerations*. John Wiley, New York, pp. 209-230.
- Strek, H.J., 2005. The Science of Dupont's soil residual herbicides in Canada. p. 31-44. In: R.C. Van Acker, (Ed.) *Soil residual herbicides: Science and Management*. Topics in Canadian weed science, volume III. Sainte Anne-de Bellevue, Quebec.
- Syswerda, S.P., 2009. Ecosystem services from agriculture across a management intensity gradient in Southwest

- Michigan. Ph.D. Desertation, Michigan State University.
- TEEB Foundations., 2010. In: P. Kumar, (Ed.). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Earth Scan, London, Washington.
- Theng, B.K.G., Kookana, R.S., and Rahman, A., 2000. Environmental concerns of pesticides in soil and groundwater and management strategies in oceania. In: P.M. Huang and I.K. Iskandar (Eds.), Soils and Groundwater Pollution and Remediation. CRC Press. Boca Raton. Florida.
- Thorstensen, C.W., and Lode, O., 2000. Laboratory degradation studies of bentazone, dichlorprop, MCPA and propiconazole in Norwegian soils. *Journal of Environmental Quality* 30: 947-953.
- Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., and Polasky, S., 2002. Agricultural sustainability and the costs and benefits of intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Tisdal, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., and Halvin, J.L., 1993. Soil Fertility and Fertilizers. 5th Edition, Mac Millan.
- Torestenesson, N.T.L., 1987. Microbial decomposition of herbicides in soil. p. 249-270. In: D.H. Hutson and T.R. Roberts (Eds.), *Herbicides*. John Wiley and Sons Publication, NY.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and Thies, C., 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity– ecosystem service management. *Ecology Letters* 8(8): 857–874.
- Tzilivakis, J., Jaggard K., Lewis K.A., May M., and Warner D.J., 2005. Environmental impact and economic assessment for UK sugar beet production systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 341–358.
- Vidair, C.A., 2004. Age dependence of organophosphate and carbamate neurotoxicity in the postnatal rat: Extrapolation to the human. *Toxicology and Applied Pharmacology* 196(2): 287-302.
- Walkley, A., and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Walter, W., 2005. Mikrobieller Abbau organische Fermedstoffe im Boden. *Didaktik der chemie*, University Bayreuth, Seite p. 2-4.
- Willis, K., Garrod, G., and Saunders, C., 1993. Valuation of the South Downs and Somerset Levels Environmentally Sensitive Areas. Centre for Rural Economy. University of Newcastle Upon Tyne.
- Winfrey, R., Aguilar, A., Vazquez, D.P., Le Buhn, G., and Aizen, M.A., 2009. A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. *Ecology* 90: 2086-2076.
- Greer, F.R., Michael M.D., and Shannon, M.D., 2005. Infant Methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water. *American Academy of Pediatrics* 116(3): 784 -786.



Evaluation of Environmental Consequences of Conventional Management for Agroecosystems in Khorasan Province

A. Koocheki^{1*}, S. Khorramdel² and L. Jafari³

Submitted: 23-05-2014

Accepted: 04-08-2014

Koocheki, A., Khorramdel, S., and Jafari, L., 2021. Evaluation of environmental consequences of conventional management for agroecosystems in Khorasan province. *Journal of Agroecology* 13(2):211-235.

Introduction

Ecosystem Services frameworks are emerging as an approach of capturing the wider impacts of policy decisions or evaluating land use change in order to more comprehensively take into account the range of effects on the environment, and on the benefits humans receive from. The Millennium Ecosystem Assessment (MA) (2005) defines ecosystem services as “the benefits that humans obtain from ecosystems”. Costanza et al. (1997) postulated that ecosystem services comprise of “flows of materials, energy, and information” from the natural environment to the society. Yield and production for agricultural crops have been improved during the last century, however, these achievements have caused different environmental social and safety problems for human and the environment such as increase in greenhouse gases, eutrophication of rivers, lakes and other water bodies.

This study aimed to evaluate environmental consequences of agroecosystems managed conventionally in three Razavi Khorasan, South Khorasan and North Khorasan Provinces. The environmental consequences of intensive agriculture were grouped into damages made to natural resources such as water, air, soil, biodiversity and human health affected by over-consumption of chemical fertilizer, herbicide and pesticide.

Materials and Methods

Cultivated area and consumption of chemical inputs in North Khorasan, South Khorasan and Razavi Khorasan provinces during 2004-2009 were determined. Environmental impacts were calculated using six categories i.e. air (emission of greenhouse gases such as N₂O, CO₂ and CH₄ to the atmosphere), water (quality criteria such as NO₃⁻ and pesticide concentrations in water), soil (amounts of NO₃⁻, organic carbon, pesticides and herbicides in soil), biodiversity (losses of pastures, jungles and bee hives), human health (residues of Diazinone, Azinophos-Methyl and NO₃⁻ in some vegetables) and natural resources (losses of nitrogen fertilizers via leaching and volatilization and pesticides consumption effects) affected by chemical inputs such as fertilizers, herbicides and pesticides.

Results and discussion

Results indicated that decreasing trends in use of chemical pesticide and herbicide were observed in different agroecosystems of Khorasan. Nitrate of water used in agricultural area was higher than allowable limit of 10 mg per liter. Residues of chemical herbicide including Diazinone and Azinophos- Methyl in irrigated water were 23.18±16.35 and 15.78±0.68 mg.kg⁻¹, respectively. The maximum emission of greenhouse gases including CO₂, CH₄ and N₂O were calculated in Razavi Khorasan. Nitrate concentration in the soil was higher than the critical limit. Organic carbon content in natural habitat and rangeland was higher than that in the cropland. Also, total number of honey hives was increasing but the hives for local bees were almost reaching to zero in the recent years. The maximum range of nitrate for tomato, eggplant, cucumber and spinach were 1.4, 0.75, 17.15 and 7.38% higher than allowable limit, respectively. For sugar beet upper and lower limits of nitrate were lower than the allowable limit. Conclusion

Soil is a very slow forming resource, and similarly to other habitats and ecosystems, it is coming under intensifying pressures due to anthropocentric and industrial activities. Soil ecosystem services provide multiple benefits to all organisms.

1 and 2- Professor and Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

3- Assistant Professor of Horticultural Science Department, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Iran.

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

Doi:10.22067/jag.v1i1.35461

Nitrate concentration for leafy vegetable was higher than for kitchen garden plants. Nitrogen and phosphorus contents for soil in Razavi Khorasan were higher relative to North Khorasan and South Khorasan. Nitrogen enhanced soil carbon accumulation as it stimulates plant growth and its productivity. However, accumulation of soil carbon depends on the delicate balance between increased carbon inputs to soil from litter and enhanced soil respiration rates. Crop residues and manure are returned to the soil in traditional farming systems, improving soil ecosystem services and soil chemical, physical and biological characteristics. On the other hand, application of inorganic and chemical fertilizers to benefit crop yields often decreases the soil services as it has negative influences on soil structure, infiltration and water-holding capacity.

Keywords: Allowable limit, Critical limit, Greenhouse gas, Intensive agriculture, Pesticide



مقاله علمی - پژوهشی

بررسی آنالیزهای رشدی سه گونه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط

فاطمه رنجبر^۱، علیرضا کوچکی^{۲*} و مهدی نصیری محلاتی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۷

رنجبر، ف.، کوچکی، ع.، و نصیری محلاتی، م.، ۱۴۰۰. بررسی آنالیزهای رشدی سه گونه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، کنجد (*Sesamum indicum*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۳۷-۲۵۰.

چکیده

به منظور بررسی شاخص‌های رشدی سه گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و کنجد (*Sesamum indicum*) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص، آزمایشی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی صورت گرفت. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت خالص رازیانه، کشت خالص کنجد، کشت خالص لوبیا، کشت مخلوط ردیفی رازیانه - لوبیا، کشت مخلوط ردیفی رازیانه - کنجد، کشت مخلوط ردیفی کنجد - لوبیا و کشت مخلوط ردیفی رازیانه - لوبیا - کنجد بودند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که در رازیانه بیشترین میزان ماده خشک (۱۸۴/۶ گرم بر مترمربع) و شاخص سطح سبز (۱/۲۸) مربوط به تیمار کشت خالص بود. در مورد کنجد بالاترین عملکرد ماده خشک، (۱۰۲۳ گرم بر مترمربع) و شاخص سطح برگ (۴/۲) در تیمارهای کنجد خالص و کنجد - رازیانه به دست آمد. در گیاه لوبیا بیشترین عملکرد ماده خشک (۵۴۶/۳۹ گرم بر مترمربع) و شاخص سطح برگ (۳/۸)، در تیمار کشت خالص لوبیا حاصل شد. کمترین میزان ماده خشک (۵۴ گرم بر مترمربع) و سطح برگ (۰/۶۱) در رازیانه به ترتیب در تیمار کشت مخلوط رازیانه-کنجد-لوبیا و رازیانه-کنجد به دست آمد. در مورد کنجد کمترین میزان ماده خشک (۲۸۶ گرم بر مترمربع) و سطح برگ (۳/۲۴) در تیمارهای کنجد - رازیانه و کنجد- رازیانه- لوبیا مشاهده شد. لوبیا در تیمار کنجد- رازیانه- لوبیا، کمترین میزان ماده خشک (۱۱۰ گرم بر مترمربع) و همچنین کمترین سطح برگ (۳/۰۸) را نشان داد. حداکثر سرعت رشد محصول در رازیانه در تیمار کشت خالص (۵/۱۹ گرم بر مترمربع در روز)، در کنجد در تیمار کشت خالص (۲۴/۵۳ گرم بر مترمربع در روز) و در مورد لوبیا در تیمار لوبیا خالص مشاهده شد. کمترین سرعت رشد در مورد رازیانه در تیمار رازیانه-کنجد-لوبیا، در کنجد در تیمار کنجد- رازیانه و در مورد لوبیا در تیمار لوبیا- رازیانه و کنجد به ترتیب (۱/۶۲، ۶/۵۹ و ۳/۲۶ گرم بر مترمربع در روز) به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد گیاه، شاخص سطح برگ، کشت مخلوط ردیفی، نسبت برابری زمین

مقدمه

این رو، کشاورزی اکولوژیک و کم‌نهاد می‌تواند به عنوان جایگزینی برای نظام‌های رایج در نظر گرفته شود و باعث توسعه کشاورزی پایدار و در نهایت، حفظ سلامت محیط زیست گردد، استفاده از کشت مخلوط از جمله روش‌های توصیه شده برای حصول به این اهداف است (Francis, 1986; Federer, 1993). تحقیقات زیادی نشان داده است که کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از جنبه‌های مختلف از جمله عملکرد برتری دارد (Vandermeer, 1989;).

کشاورزی اکولوژیک یک سیستم کشاورزی تلفیقی است. سیستمی که در آن کیفیت محصول مهم‌تر از کمیت آن می‌باشد. از

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲- استاد گروه آگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

(*) نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir

Doi: 10.22067/jag.v13i2.25372

شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بیان داشتند که بیشترین سرعت رشد گیاه در شاهدانه و کنجد به‌ترتیب در سری جایگزینی ۵۰٪ کنجد و ۵۰٪ شاهدانه و کشت خالص به‌دست آمد. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) با بررسی شاخص‌های رشد زنیان و شنبلیله در کشت مخلوط و در شرایط ارگانیک بیان داشتند که بیشترین میزان تجمع ماده خشک زنیان و شاخص سطح برگ شنبلیله در کشت مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. ظریف‌پور و همکاران (Zarifpur, 2011) طی بررسی خود بر کشت مخلوط زیره سبز و نخود بیشترین میزان تجمع ماده خشک زیره و شاخص سطح برگ را در تیمار کشت خالص این گیاه مشاهده کردند. این محققین همچنین گزارش کردند که حداکثر سرعت رشد محصول در زیره ۵/۷۲ (گرم در مترمربع در روز) بود که از تیمار کشت خالص زیره به‌دست آمد. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) با بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس، بالاترین میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ زیره را در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی زیره سبز و عدس و همچنین کشت خالص این گیاه گزارش کرد.

از آن‌جایی که بررسی خصوصیات فیزیولوژی رشد در تجزیه و تحلیل عملکرد از اهمیت خاصی برخوردار است، هدف از این آزمایش، بررسی تغییرات خصوصیات فیزیولوژیکی (تجمع ماده خشک، سطح برگ و سرعت رشد محصول) این سه گیاه در ارتباط با ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. قبل از اجرای آزمایش از محل تحقیق پنج نمونه خاک از عمق ۳۰ سانتی‌متری و از نقاط مختلف گرفته و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه انتقال داده شد. خاک مورد نظر دارای بافت لومی بود (جدول ۱).

از جمله مزایای دیگر کشت مخلوط می‌توان به مدیریت بهتر آفات، امراض و علف‌های هرز، افزایش تنوع، بهبود کیفیت محصول، ثبات و سود بیش‌تر در مقایسه با تک‌کشتی اشاره نمود، که این مزیت‌ها با استفاده کمتر از منابع تجدیدنپذیر و به حداقل رساندن خسارت به محیط زیست قابل دستیابی است (Francis, 1986).

فرایند رشد گیاهان زراعی از جنبه‌های مختلف قابل بررسی است. از نظر زراعی، مطالعه عملکرد مورد نظر بوده که به نوبه خود به عوامل مدیریت (تغذیه، آبیاری و تناوب) مرتبط است، اما درک اکولوژی تولید، تفسیر یافته‌ها در سطح زراعی بر مبنای وقایع و فرایندها در سطح فیزیولوژیکی متمرکز است (Nassiri Mahallati, 2000). آنالیز رشد روش با ارزشی در بررسی کمی رشد و نمو و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود و نیز روشی پر قدرت برای تخمین بلندمدت تولید خالص فتوسنتزی است (Chiariello et al., 1989; Sarmadnia & Koocheki, 1989). تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد منحصر به اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه نیاز دارد (Gardner et al., 1988). مساحت برگ یکی از مهم‌ترین پارامترهایی است که برای مطالعه رشد، همانندسازی و بسیاری از فرایندهای زراعی و اکولوژیکی از جمله فتوسنتز، تعرق و بیان انرژی محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Payne et al., 1991). تولید و تجمع ماده خشک توسط دو شاخص مهم سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی محصول (RGR^2 و CGR^1) قابل تجزیه و تحلیل می‌باشد. محققان زیادی شاخص‌های رشد را در کشت‌های مخلوط مورد بررسی قرار داده‌اند، از جمله:

مافی و موسیاری (Maffei & Mucciarelli, 2003)، بیان کردند که در کشت مخلوط نواری نعنای و سویا تعداد برگ در هر گره، سطح برگ و وزن خشک ساقه و برگ نعنای در کشت مخلوط بیش‌تر بود. این محققین همچنین گزارش کردند که عملکرد و کیفیت اسانس در کشت مخلوط بیش از کشت خالص این گیاه بود. در پژوهش دیگری در زمینه کشت مخلوط بابونه و همیشه بهار، نتایج حاکی از کاهش معنی‌دار سطح برگ، تولید ماده خشک، عملکرد گل و بذر در گیاه دارویی بابونه بود (Jahan, 2004). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در مطالعه‌ای در زمینه شاخص‌های رشد

1- Crop growth rate

2- Relative growth rate

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک قبل از آزمایش

Table 1- Some physical and chemical properties of experimental site soil

هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon%	بافت Texture
1.3	7.24	135	13.2	0.063	0.59	لومی

و جین دستی علف‌های هرز و روش‌های کنترل دور آبیاری و استفاده از کود دامی، جهت مبارزه با آفات و علف‌های هرز استفاده شود. به دلیل آلوده بودن مزرعه به دو نوع قارچ *رایزوکتونیا* و *فیتومیوم* و با توجه به حساس بودن لوبیا به این قارچ‌ها، در طول فصل رشد دو بار از سم متالاکسیل استفاده شد و پس از آن با کاهش دمای محیط و کنترل دور آبیاری از گسترش بیماری جلوگیری به عمل آمد.

به منظور تعیین آنالیزهای رشدی گیاهان و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد، اندازه‌گیری‌ها به‌طور منظم و هر ۱۵ روز انجام گرفت. نمونه‌برداری تخریبی در مورد رازیانه ۵۷ روز پس از کاشت، لوبیا ۲۴ روز پس از کاشت و در ارتباط با گیاه کنجد، ۴۸ روز پس از کاشت صورت گرفت. همچنین در طول فصل رشد ارتفاع نمونه‌های مورد بررسی ثبت گردید. نمونه‌گیری‌های تخریبی از دو متر انتهایی هر کرت با حذف دو ردیف کناری و ۵/۰ متر انتهایی هر پشته به عنوان اثر حاشیه‌ای و از ۱۰ ردیف وسط به‌طور تصافی صورت گرفت. از هر کرت پنج بوته به‌طور تصادفی از یک سطح مشخص انتخاب و در کل در مورد هر سه گیاه هفت بار نمونه‌برداری در طی فصل رشد صورت گرفت. نمونه‌های برداشت شده بلافاصله در درون پلاستیک قرار داده شده و به آزمایشگاه انتقال داده می‌شدند.

سطح برگ سه گیاه توسط دستگاه سطح برگ‌سنج اندازه‌گیری و سپس نمونه‌ها به‌منظور تعیین وزن خشک به‌صورت جداگانه (برگ، ساقه، گل) در داخل پاکت‌های کاغذی به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. در نهایت، برای تعیین وزن خشک DM و سرعت رشد محصول CGR مورد استفاده قرار گرفتند. به‌منظور رسم نمودار سطح برگ معادله لوجستیک پیک (معادله ۱) با استفاده از نرم‌افزار اسلاید رایت به داده‌های سطح برگ برآزش داده شد.

معادله (۱)

$$y = a_0 + a_1 \times 4 \times (\exp(-(x-a_2)/a_3)) / (1 + \exp(-(x-a_2)/a_3))^2$$

a_0 : عرض از مبدا، a_1 : LAI حداکثر، a_2 : زمان رسیدن به حداکثر

LAI، a_3 : نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله

آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱- کشت خالص رازیانه (F) ۲- کشت خالص کنجد (S) ۳- کشت خالص لوبیا (B) ۴- کشت مخلوط ردیفی کنجد و لوبیا (SB) با تراکم معمول (۱:۱) ۵- کشت مخلوط ردیفی رازیانه و لوبیا (FB) با تراکم معمول با نسبت (۱:۱) ۶- کشت مخلوط ردیفی رازیانه و کنجد (FS) با تراکم معمول و نسبت (۱:۱) ۷- کشت مخلوط رازیانه، کنجد و لوبیا (FSB) با تراکم معمول و به‌نسبت (۱:۱:۱) بود. به‌منظور کشت سه گیاه رازیانه، کنجد و لوبیا، زمینی که سال قبل به‌صورت آیش رها شده بود، انتخاب گردید. در اسفند ماه ۱۳۸۹ عملیات خاک‌ورزی شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دو دیسک عمود بر هم انجام گرفت. در هفدهم اسفند ماه کود گاوی پوسیده به‌میزان ۳۰ تن در هکتار به‌طور یکنواختی در کل مزرعه پخش شد و سپس با استفاده از شپارساز جوی و پشته‌هایی به عمق ۲۰ سانتی‌متر و فاصله ۵۰ سانتی‌متر ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها (۶×۶) فاصله دو کرت اصلی از یکدیگر ۵/۰ متر و فاصله بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد.

عملیات کاشت سه گیاه در زمان‌های متفاوت صورت گرفت، کاشت رازیانه در تاریخ ۱۷ فروردین ۱۳۹۰، با فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر، با تراکم ۱۰ بوته در مترمربع صورت گرفت و اولین آبیاری ۳ روز پس از کاشت انجام گرفت و تا سبز شدن گیاه دو بار در هفته ادامه یافت. کشت کنجد در تاریخ ۱۳ اردیبهشت ۱۳۹۰ با فاصله روی ردیف برابر با ۱۰ سانتی‌متر (تراکم ۲۰ بوته در مترمربع) و لوبیا در تاریخ ۱۹ اردیبهشت با فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف (تراکم ۱۳ بوته در مترمربع) صورت گرفت. به‌منظور سبز شدن سریع و یکنواخت کنجد در هفته‌های اول کاشت دو بار آبیاری صورت گرفت و پس از آن مجدداً آبیاری به یک بار در هفته تقلیل یافت. از آنجایی که هدف کشت این سه گیاه در یک سیستم کم‌نهاد بود و همچنین به دلیل تأثیرات منفی که مواد شیمیایی می‌توانند بر کیفیت مواد مؤثره و ترکیبات گیاهان دارویی داشته باشد، سعی شد از حداقل مواد شیمیایی همراه با سایر روش‌های جایگزین مثل بوجاری کامل بذر،

خطی می‌شود.

و همچنین به‌منظور رسم نمودار DM ابتدا یک معادله لوجستیک (معادله ۲) به داده‌های ماده خشک برآزش داده شد و سپس از مشتق آن معادله لوجستیک (معادله ۳) به‌منظور برآزش داده‌های CGR استفاده شد.

معادله (۲)

$$Y=a/(1+b \times \exp (-c \times t))$$

معادله (۳)

$$dY/dt=a \times b \times c \times \exp (-c \times t) / ((1+b \times \exp (-c \times t))^2$$

در نهایت نیز، نسبت برابری زمین از معادله ۴ محاسبه گردید.

معادله (۴)

$$LER = \sum_i^n \left(\frac{Y_i}{Y_s} \right)$$

که در آن، LER: نسبت برابری زمین، Y_i : حداکثر سرعت رشد هر محصول در کشت مخلوط، Y_s : حداکثر سرعت رشد همان محصول در کشت خالص و n : تعداد گونه‌ها می‌باشد.

جهت رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و Slid write استفاده شد.

نتایج و بحث

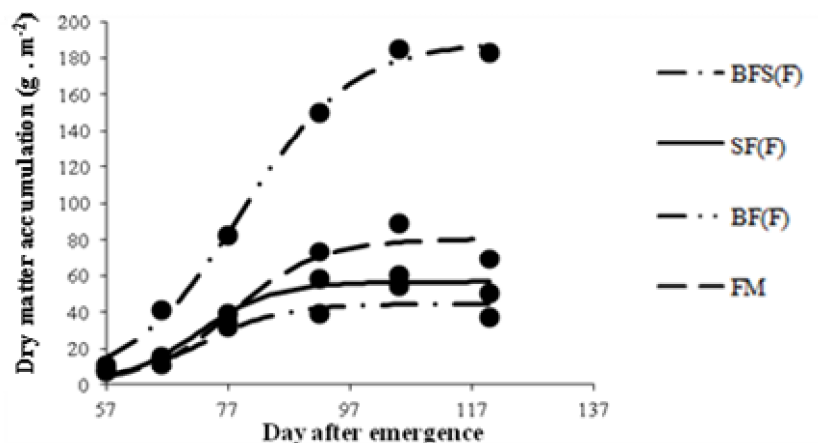
اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص بر میزان ماده خشک (DM) رازیانه، کنجد و لوبیا

روند تجمع ماده خشک در مورد گیاه رازیانه در تیمارهای مختلف روندی مشابه داشته و بالاترین میزان تجمع ماده خشک مربوط به تیمار کشت خالص رازیانه (۱۸۴/۶ گرم بر مترمربع) و کمترین میزان تجمع ماده خشک در تیمار کشت مخلوط ردیفی رازیانه-کنجد-لوبیا (۵۴/۴۱ گرم بر مترمربع) مشاهده شد (شکل ۱). پس از کشت خالص رازیانه، کشت مخلوط ردیفی رازیانه و لوبیا با میزان ماده خشک ۸۹/۱۵ گرم بر مترمربع بالاترین میزان تجمع ماده خشک را دارا بود. در مورد کشت مخلوط رازیانه و لوبیا روند ثبات در تجمع ماده خشک ۹۲ روز پس از سبز شدن مشاهده و در تیمار کشت مخلوط کنجد و رازیانه در کمترین زمان (۸۸ روز) به حالت ثبات رسید. به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط رازیانه و کنجد، گیاه رازیانه، گیاه مغلوب بوده و تحت فشار رقابتی کنجد نتوانسته از عوامل محیطی مثل نور، آب و مواد غذایی به نحو مطلوب استفاده کند. جهانی و همکاران (Jahani

et al., 2008) با بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس، بالاترین میزان تجمع ماده خشک و شاخص سطح برگ زیره را در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی زیره سبز و عدس و همچنین کشت خالص این گیاه گزارش کرد. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) گزارش کردند که مقادیر وزن خشک در کلیه تیمارهای کشت مخلوط زنیان و شنبلیله در مقایسه با کشت خالص دو گیاه بیش‌تر بود.

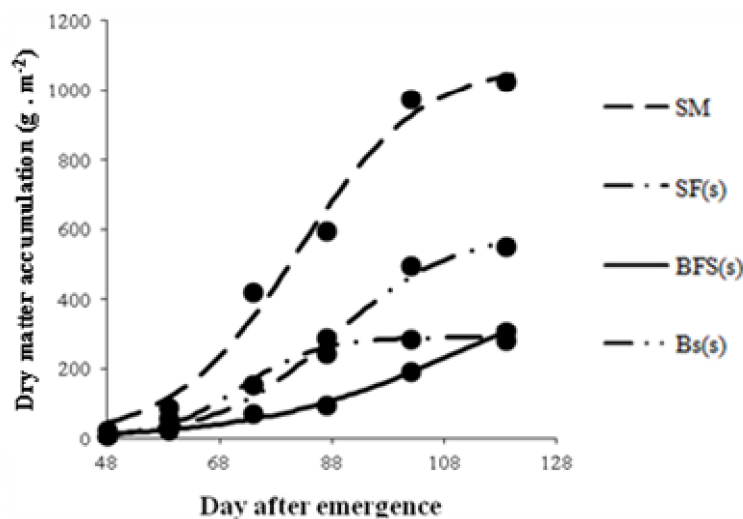
روند تجمع ماده خشک گیاه کنجد نشان داد که بالاترین میزان ماده خشک در تیمار کشت خالص کنجد (۱۰۲۳ گرم بر مترمربع) و کم‌ترین آن در تیمار کنجد-رازیانه (۲۸۶ گرم بر مترمربع) مشاهده شد. روند ثبات تجمع ماده خشک در تیمار کنجد-رازیانه، ۸۸ روز پس از سبز شدن مشاهده شد (شکل ۲). از آنجایی که لوبیا از خانواده لگومینوز می‌باشد، بنابراین حضور این گیاه در تیمار کشت مخلوط کنجد و لوبیا سبب شده که کنجد از اثرات مثبت لوبیا به‌ویژه نیتروژن تثبیت شده به‌وسیله این گیاه استفاده نموده و سبب تولید بالاترین میزان ماده خشک بعد از تیمار کشت خالص شده است (شکل ۲). بیدختی و همکاران (Rezvan Beydokhti, 2005) طی بررسی خود در رابطه با کشت مخلوط لوبیا و ذرت، تجمع بیش‌ترین ماده خشک را در تیمارهای کشت مخلوط ردیفی بیان نمودند.

بررسی ماده خشک لوبیا در تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص نشان داد که این گیاه در تیمار کشت خالص لوبیا و با ۵۷۵ گرم بر مترمربع دارای بالاترین میزان تجمع ماده خشک و در کشت مخلوط رازیانه-کنجد-لوبیا با ۱۱۰ گرم بر مترمربع کم‌ترین میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح را دارا بود (شکل ۳). به نظر می‌رسد لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط به‌سبب رقابتی که با سایر گونه‌ها داشته، نتوانسته است به نحو مطلوب از منابع موجود در خاک استفاده کند و در نتیجه باعث کاهش میزان ماده خشک تولیدی گیاه شده است. جهانی (Jahani et al., 2008) طی بررسی خود در ارتباط با کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum*) و عدس (*Lens culinaris*) گزارش کرد که کشت خالص عدس بیشترین میزان ماده خشک را دارا بود.



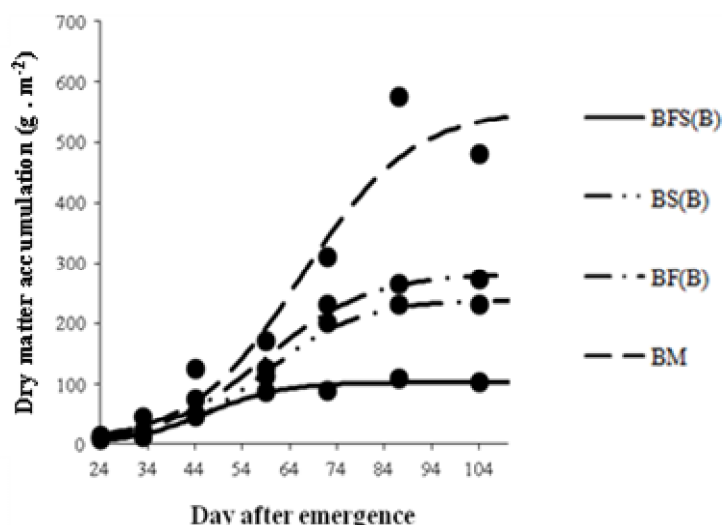
شکل ۱- مقایسه روند تغییرات ماده خشک رازیانه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (FM: خالص رازیانه، BF: رازیانه - لوبیا، SF: رازیانه - کنجد و BFS: رازیانه - کنجد - لوبیا)

Fig. 1- Comparison of trends in biomass accumulation during the growing season under different treatments Fennel monoculture and mixed (FM: fennel sole crop, BF: fennel – bean, SF: fennel – sesame and BFS: fennel – sesame – bean)



شکل ۲- مقایسه روند تغییرات ماده خشک کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (SM: خالص کنجد، SF: کنجد - رازیانه، BS: کنجد - لوبیا و BSF: کنجد - لوبیا - رازیانه)

Fig. 2- Comparison of trends in biomass during the growing season under different treatments Sesame monoculture and mixed (SM: sesame sole crop, SF: sesame – fennel, BS: sesame – bean and BSF: sesame- fennel – bean)



شکل ۳- مقایسه روند تغییرات ماده خشک لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (BM: خالص لوبیا، BF: لوبیا - رازیانه، BS: لوبیا - کنجد و BFS: لوبیا- رازیانه - کنجد)

Fig. 3- Comparison of trends in biomass during the growing season under different treatments bean monoculture and mixed (BM: bean sole crop, BF: bean- fennel, BS: bean- sesame and BFS: bean- fennel – sesame)

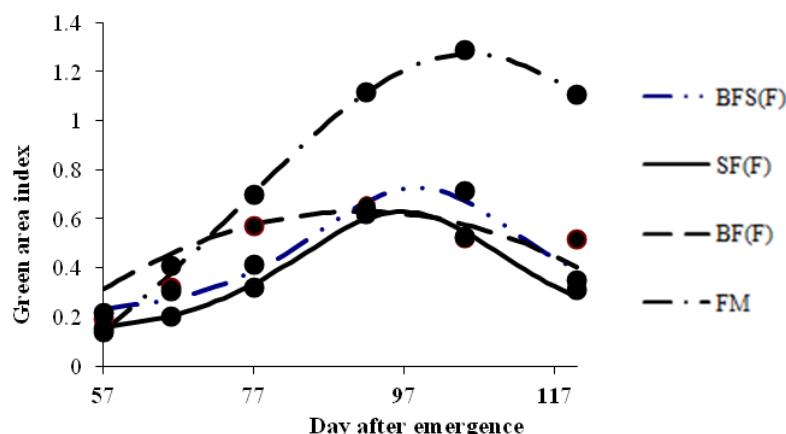
شاخص سطح برگ به‌ترتیب در تیمارهای کشت مخلوط کنجد- رازیانه (۴/۲) و کشت مخلوط کنجد- رازیانه- لوبیا (۳/۲) مشاهده شد (شکل ۵). به نظر می‌رسد که کنجد در تیمار کشت مخلوط با رازیانه تأثیرات آنتاگونیستی بر این گیاه داشته و توانسته شرایط محیطی را به نفع خود تغییر دهد. همچنین رقابت بین گونه‌ای با سایر گونه‌ها در تیمار کشت مخلوط سه گونه مانع از افزایش شاخص سطح برگ در این گیاه شده است. شاخص سطح برگ در تیمار کشت خالص (۴) تفاوت چشمگیری با تیمار کنجد رازیانه نداشت. در تیمار کشت مخلوط کنجد- رازیانه- لوبیا روند افزایشی ۴۸ روز پس از سبز شدن شروع و تا روز ۸۰ ادامه داشته، سپس به ثبات رسیده و روند کاهشی در روز ۱۰۰ ام مشاهده گردید (شکل ۵). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه (*Cannabis sativa*) و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بیان داشتند که شاخص سطح برگ کنجد در طول فصل رشد در شرایط مخلوط با شاهدانه در مقایسه با کشت خالص کاهش یافت. طی این بررسی، بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۱/۳۴) کنجد در کشت خالص و کم‌ترین میزان آن (۰/۲۳) در سری افزایشی ۵۰ درصد کنجد و ۱۰۰ درصد شاهدانه به‌دست آمد.

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص بر شاخص سطح برگ (LAI) رازیانه، کنجد و لوبیا

در گیاه رازیانه بیش‌ترین شاخص سطح سبز (۱/۲۸) در تیمار کشت خالص رازیانه و کم‌ترین میزان (۰/۶۱) نیز مربوط به تیمار کشت مخلوط رازیانه - کنجد بود. کشت خالص رازیانه نسبت به تیمارهای کشت مخلوط سطح برگ خود را در طول دوره بیش‌تری حفظ کرد (شکل ۴). با توجه به نتایج موجود در شکل ۵، احتمال این وجود دارد که کنجد اثرات آنتاگونیستی بر گیاه رازیانه داشته و در رقابت با این گیاه پیروز شده و رازیانه نتوانسته شاخص سطح برگ بالایی تولید کند.

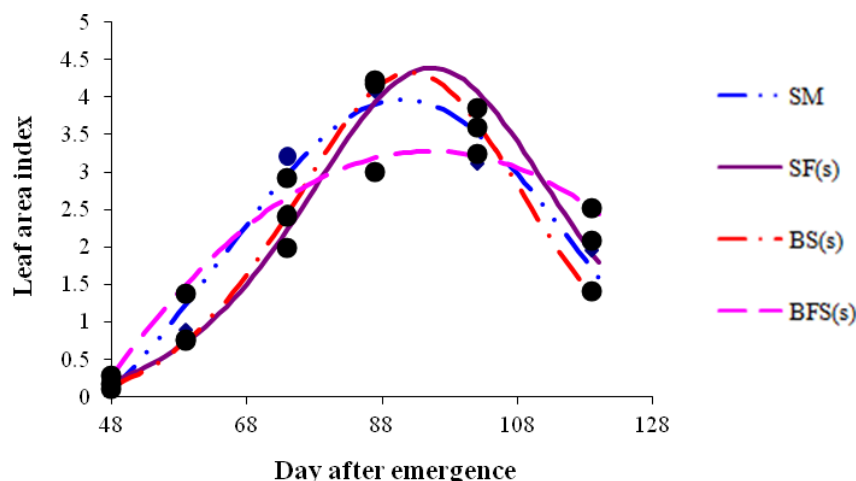
همچنین در تیمار کشت مخلوط رازیانه به‌همراه لوبیا، به نظر می‌رسد به‌علت وجود رقابت پایین بین رازیانه و لوبیا در ابتدای فصل رشد، رازیانه نتوانسته از فضای موجود به‌نحو بهتری استفاده و در نتیجه، شاخص سطح برگ بالایی تولید کند؛ پس از آن با بسته شدن کانوپی و شکل گرفتن رقابت بین این دو گیاه و نیز استفاده لوبیا از گیاه رازیانه به‌عنوان قیم و سایه‌اندازی، گیاه دارویی رازیانه نتوانسته است این روند افزایشی را حفظ و از سطح سبز تولید شده در جهت تولید بیشتر ماده خشک استفاده کند.

نتایج این آزمایش نشان داد که در گیاه کنجد حداکثر و حداقل



شکل ۴- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح سبز رازیانه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (FM: خالص رازیانه، BF: رازیانه - لوبیا، SF: رازیانه - کنجد و BFS: رازیانه - کنجد - لوبیا)

Fig. 4- Comparison trends fennel green area index over the growing season under different treatments monoculture and mixed (FM: fennel sole crop, BF: fennel – bean, SF: fennel – sesame and BFS: fennel – sesame – bean)

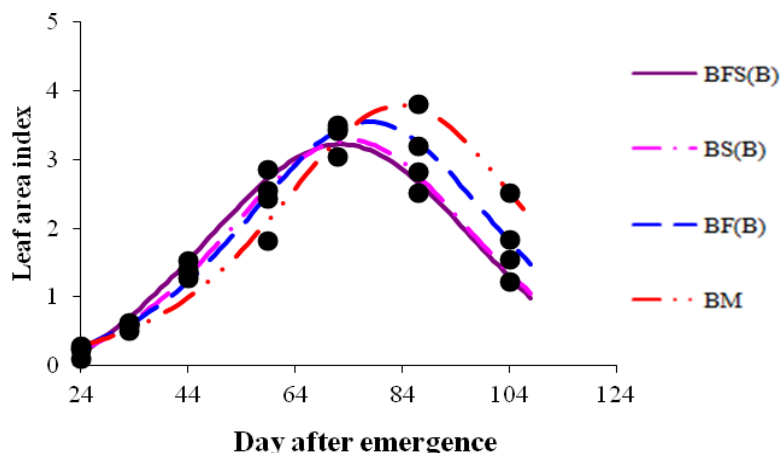


شکل ۵- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (SM: خالص کنجد، SF: کنجد - رازیانه، BS: کنجد - لوبیا و BSF: کنجد - لوبیا - رازیانه)

Fig. 5- Comparison trends sesame leaf area index over the growing season under different treatments monoculture and mixed (SM: sesame sole crop, SF: sesame – fennel, BS: sesame – bean and BSF: sesame- fennel – bean)

خود بر کشت مخلوط زیره سبز و عدس بیشترین شاخص سطح برگ را در تیمار کشت خالص عدس بیان کردند. قوش (Ghosh et al., 2006) کاهش شاخص سطح برگ بادام زمینی را در مخلوط با ارزن مرواریدی (*Pennisetum spp.*) گزارش کرد. در پژوهشی دیگر مشاهده شد که حداکثر شاخص سطح برگ ذرت و لوبیا در کشت خالص بیش‌تر از کشت مخلوط بود (Rezvan Beydokhti, 2005).

بررسی شاخص سطح برگ لوبیا در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمار کشت خالص لوبیا نسبت به تیمارهای کشت مخلوط دارای بالاترین شاخص سطح برگ (۳/۸) بود و پایین‌ترین شاخص سطح برگ این گیاه (۳/۰۴) در تیمار کشت مخلوط رازیانه- کنجد- لوبیا به‌دست آمد (شکل ۶) که به نظر می‌رسد رقابت درون گونه‌ای موجود در کشت‌های مخلوط بر سر منابع موجود، سبب کاهش سطح برگ شده است. جهانی و همکاران (Jahani et al., 2008) نیز طی بررسی



شکل ۶- مقایسه روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت خالص و مخلوط (BM): خالص لوبیا، BF: لوبیا - رازیانه، BS: لوبیا - کنجد و BFS: لوبیا - رازیانه - کنجد

Fig. 6- Comparison trends bean leaf area index over the growing season under different treatments monoculture and mixed (BM: bean sole crop, BF: bean- fennel, BS: bean- sesame and BFS: bean- fennel – sesame)

کنجد به‌ترتیب در سری جایگزینی ۵۰ درصد کنجد و ۵۰ درصد شاهدانه و کشت خالص به‌دست آمد.

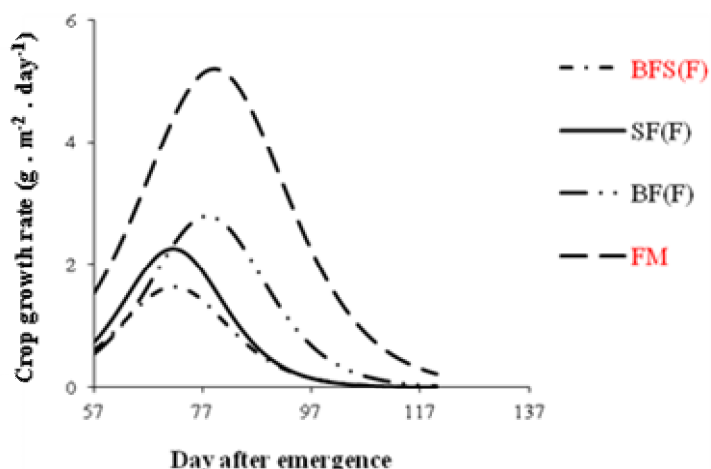
بالاترین سرعت رشد محصول (۱۱/۸ گرم بر مترمربع بر روز) در مورد لوبیا مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا بود که در روز ۶۶ پس از سبز شدن به دست آمد. کم‌ترین سرعت رشد محصول در تیمار کشت مخلوط لوبیا- رازیانه- کنجد با مقدار عددی ۳/۲۶ گرم بر مترمربع بر روز مشاهده شد (شکل ۹). رضوان بیدختی و همکاران (Rezvan Beydokhti, 2005) طی مطالعه خود بر کشت مخلوط ذرت و لوبیا بیان داشتند که بالاترین میزان سرعت رشد محصول در کشت خالص لوبیا (۱۷ گرم بر مترمربع در روز) به‌دست آمد. قوش (Ghosh et al., 2006)، نیز در بررسی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) و لپه هندی (*Cajanus cajan* L.) نشان داد که سرعت رشد هر دو محصول در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بیش‌تر بود. این محقق همچنین در تحقیق خود، بیش‌ترین سرعت رشد محصول را در کشت مخلوط ردیفی بیان کرد و همچنین بیان داشت که با تغییر ترکیب کشت از خالص به‌سمت مخلوط ردیفی سرعت رشد محصول افزایش یافته است.

اثر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص بر سرعت رشد محصول (CGR) رازیانه، کنجد و لوبیا

حداکثر و حداقل مقادیر سرعت رشد محصول در گیاه رازیانه به‌ترتیب در تیمارهای کشت خالص (۵/۲ گرم بر مترمربع در روز) و کشت مخلوط رازیانه- کنجد و لوبیا (۱/۶۲ گرم در مترمربع در روز) به‌دست آمد (شکل ۷). به‌طور کلی، سرعت رشد محصول در تیمارهای کشت مخلوط پایین‌تر از کشت خالص بوده که این می‌تواند به‌علت وجود رقابت درون گونه‌ای بالا در این نوع کشت‌ها باشد. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2010) طی بررسی خود بر کشت مخلوط زنیان و شنبلیله بیش‌ترین سرعت رشد محصول را در تیمار کشت مخلوط سه ردیفی شنبلیله گزارش کردند.

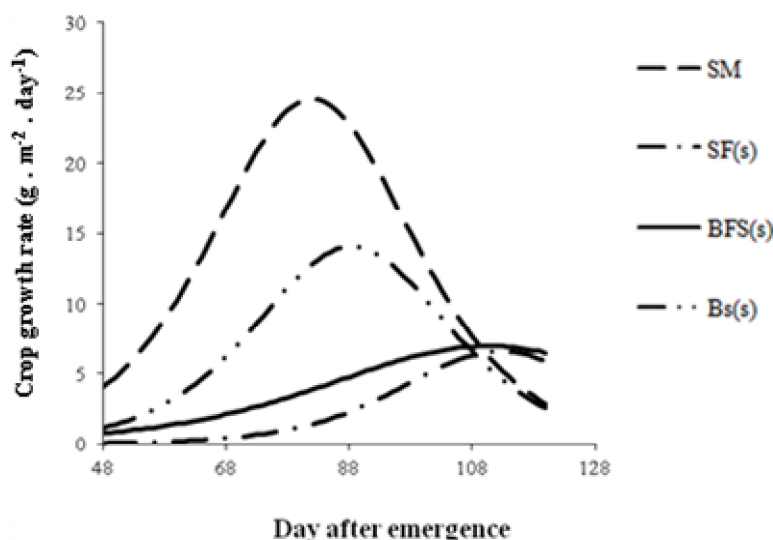
نتایج این آزمایش در مورد کنجد نشان داد که تیمار کشت خالص کنجد بیش‌ترین کارایی استفاده از منابع را نشان داده و مقدار عددی سرعت رشد در مورد این تیمار ۲۴/۵۳ گرم بر مترمربع بود که در روز ۸۲ پس از سبز شدن به‌دست آمد. تیمار کنجد- رازیانه- لوبیا با سرعت رشد محصول ۶/۵۹ گرم بر مترمربع در روز دارای کم‌ترین مقدار بود (شکل ۸).

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2010) در مطالعه شاخص‌های رشد شاهدانه و کنجد در دو نوع کشت مخلوط جایگزینی و افزایشی بیان داشتند که بیش‌ترین سرعت رشد گیاه در شاهدانه و



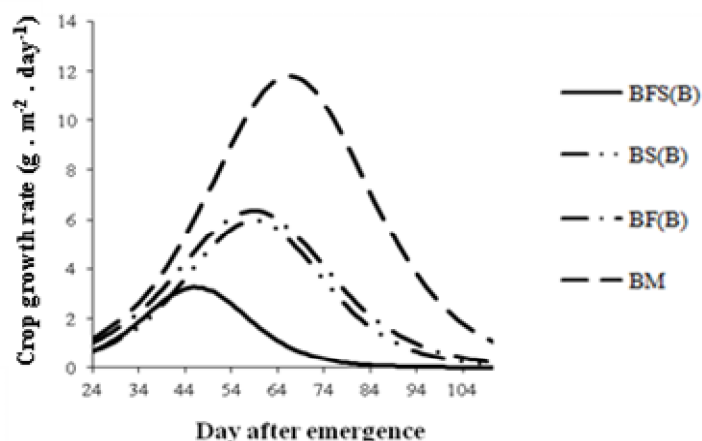
شکل ۷- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول رازیانه در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص (FM: خالص رازیانه، BF: رازیانه - لوبیا، SF: رازیانه - کنجد و BFS: رازیانه - کنجد - لوبیا)

Fig. 7- Comparison trends fennel crop growth rate during the growing season under different treatments pure and mixed cultures (FM: fennel sole crop, BF: fennel - bean, SF: fennel - sesame and BFS: fennel - sesame - bean)



شکل ۸- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول کنجد در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص (SM: خالص کنجد، SF: کنجد - رازیانه، BS: کنجد - لوبیا و BSF: کنجد - لوبیا - رازیانه)

Fig. 8- Comparison trends sesame crop growth rate during the growing season under different treatments pure and mixed cultures (SM: sesame sole crop, SF: sesame - fennel, BS: sesame - bean and BSF: sesame- fennel - bean)



شکل ۹- مقایسه روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص (BM):
خالص لوبیا، BF: لوبیا - رازیانه، BS: لوبیا - کنجد و BFS: لوبیا - رازیانه - کنجد

Fig. 7- Comparison trends bean crop growth rate during the growing season under different treatments pure and mixed cultures (BM: bean sole crop, BF: bean- fennel, BS: bean- sesame and BFS: bean- fennel – sesame)

۱/۰۹ به دست آمد. به جز در تیمار کشت مخلوط رازیانه- کنجد که کمترین میزان نسبت برابری زمین را به همراه داشت، سایر تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری بیش از یک را نشان دادند که این می تواند بیانگر برتری کشت های مخلوط نسبت به خالص باشد (جدول ۲).

نسبت برابری زمین بیشتر از یک می تواند ناشی از کارایی مصرف نور بالاتر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد (Javanshir et al., 2000). ارزیابی تیمارهای کشت مخلوط و خالص با استفاده از نسبت برابری زمین و بر اساس حداکثر سرعت رشد محصول نشان داد که حداکثر این نسبت در تیمار کشت مخلوط لوبیا و کنجد به میزان

جدول ۲- مقادیر نسبت برابری زمین (LER) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط رازیانه، کنجد و لوبیا

Table 2- Amount of Land Equivalent Ratio (LER) in different intercropping treatments, fennel, sesame and beans

تیمار	عملکرد نسبی رازیانه	عملکرد نسبی کنجد	عملکرد نسبی لوبیا	کل LER
Treatment	Fennel relative yield	Sesame relative yield	Bean relative yield	Land Equivalent Ratio
رازیانه - لوبیا	0.54	-	0.53	1.07
Fennel/Bean				
کنجد - لوبیا	-	0.59	0.50	1.09
Sesame/Bean				
کنجد - رازیانه	0.43	0.26	-	0.70
Sesame/Fennel				
کنجد - رازیانه - لوبیا	0.31	0.45	0.27	1.04
Sesame/Fennel/Bean				

رقابت نکنند، در این صورت به نحو مطلوب از منابع موجود استفاده می گردد. کاهش رقابت بین گونه ای سبب افزایش فتوسنتز، افزایش رشد به طبع آن افزایش سطح برگ، تجمع ماده خشک و در نتیجه،

نتیجه گیری

چنانچه گیاهان موجود در مخلوط به گونه ای انتخاب گردند که حداقل رقابت درون گونه ای را داشته باشند و بر سر نیچ های مشترک

افزایش سرعت رشد محصول می‌گردد. همچنین بالا بودن نسبت
برابری زمین در اکثر تیمارهای کشت مخلوط می‌تواند حاکی از برتری
این نوع کشت نسبت به کشت خالص باشد. با توجه به این نسبت،
تیمار کشت مخلوط کنجد - لوبیا با نسبت برابری ۱/۰۹، نسبت به
سایر تیمارهای کشت مخلوط برتری داشت. به نظر می‌رسد کنجد در
این تیمار از لوبیا به‌عنوان یک گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن، تأثیرات
مثبت پذیرفته است.

References

- Blackman, V.H., 1919. The compound interest law and plant growth. *Annals of Botany* 33: 353-360.
- Chiariello, N.R., Mooney, H.A., and Williams, K., 1989. Growth; carbon allocation and cost of plant tissues. In: R.W. Pearcy et al., (Ed.) *Plant Physiological Ecology: Field Methods and Instrumentation*. Hall, London, pp. 327-365.
- Federer, W.T., 1993. *Statistical Design and Analysis for Intercropping Experiment, Two Crops*. Springer Verlag INC.
- Francis, C.A., 1986. Biological efficiencies in multiple cropping systems. *Advances in Agronomy* 42: 1-41.
- Gardner, F.B., Pearce, R.B., and Mitchel, R.L., 1985. *Physiological of Crop Plants*. The Iowa State University Press, Ames, IOWA.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L., 1988. *Physiology of Crop Plants*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.
- Ghosh, P.K., Mohanty, M., Bandyopadhyay, K.K., Painuli, D.K., and Misra, A.K., 2006. Growth, competition, yield advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India. II. Effect of nutrient management. *Field Crops Research* 96: 90-97.
- Jahan, M., 2004. Study of Ecological aspects intercropping of chamomile (*Matricaria chamomile*) and ever green (*Calendula officinalis*) with manure. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Jahani, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2008. Comparison of different intercropping arrangements of cumint (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* M.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 6: 67-78. (In Persian with English Summary)
- Javanshir, A., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Hamidi, A., and Gholipour, C. (Eds.), 2000. *The ecology of intercropping* (translation). Jihad, Mashhad University Press, Iran, 222 p. (In Persian)
- Karimi, M.M., and Siddique, H.M., 1991. Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. *Australian Journal of Agricultural Research* 42: 13-20.
- Khoddam Bashi, M., Karimi, M., and Khaje Pur, R., 1990. Effect of irrigation regime on growth of soybeans. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*. *Iranian Journal of Agricultural Sciences* numbers 1 and 2.
- Koocheki, A., and Banayan, M. (Eds.), 1996. *Modelling the crop*. Jihad, Mashhad University Press, Iran, 183 p.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabt Teimouri, and M., Sanjani, S., 2010. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. *Journal of Agroecology* 2: 30-40. (In Persian with English Summary)
- Maffei, M., and Mucciarelli, M., 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. *Field Crops Research* 84: 229-240.
- Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M., 2010. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 685-694. (In Persian with English Summary)
- Nassiri Mahallati, M. (Ed), 2000. *Modelling Crop Growth Processes*. Jihad, Mashhad University Press, Iran, 280 p. (In Persian)
- Payne, W.A., Wendt, C.W., and Hossner, L.R.E. G.C., 1991. Estimating pearl millet leaf area. *Agronomy Journal* 83: 937-941.
- Pelzer, E., Bazot, M., and Makowski, D., 2012. Pea-wheat intercrops in low-input conditions combine high economic performances and low environmental impacts. *European Journal of Agronomy* 40: 39-53.
- Rezvan Beydokhti, S., 2005. Comparison of different intercropping arrangement of corn and bean. M.Sc. Thesis, College of Agriculture. Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Sarmdnya, G., Koocheki, A. (Eds.), 1989. *Crop Physiology*. Jihad University Press, Mashhad, Iran, 432 p. (In Persian)
- Sujatha, S., Bhat, R., Kannan, C., and Balasimha, D., 2011. Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India.

Industrial Crops and Products 33: 78-83.

Vandermeer, J. (Ed), 1989. The Ecology of Intercropping, Cambridge University Press, Great Britain. pp. 237.

Zarifpur, N., 2011. Evaluation of intercropping beans with cumin and increased emphasis on alternative methods. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, 131 p. (In Persian with English Summary)



Assessment of the Growth Indices of Intercropped Fennel (*Foeniculum vulgare*), Sesame (*Sesamum indicum*) and Bean (*Phaseolus vulgaris*)

F. Rnjbar¹, A. Koocheki^{2*} and M. Nassiri Mahallati²

Submitted: 03-09-2013

Accepted: 28-11-2013

Rnjbar, F., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2021. Assessment of the growth indices of intercropped fennel (*Foeniculum vulgare*), sesame (*Sesamum indicum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*). Journal of Agroecology 13(2):237-250.

Introduction

Intercropping is a well-known agro-ecological practice for its dramatic effect on pest and weed control, increasing productivity as well as enhancing resources (radiation, water and nitrogen) use efficiency. All these beneficial effects are the results of increased species diversity which presumably would be higher with introducing more component species. On the other hand, crop growth analysis provides indices for quantifying the rate of dry matter production and allocation of dry matter to the other organs, particularly to leaves. It seems that growth indices of intercropped species relative to their pure stands could be useful for better understanding of higher productivity of more diverse intercrops.

The objective of this study was comparison of growth indices and dry matter allocation as well as land equivalent ratio of fennel (*Foeniculum vulgare*), common bean (*Phaseolus vulgaris*) and sesame (*Sesamum indicum*) grown in monoculture or intercropping systems.

Materials and Methods

The experiment was conducted as randomized complete block design with three replications and seven treatments including pure fennel (F), pure sesame (S), pure bean (B), row intercropping with 1:1 ratio of FB, SB and FS as well as 1:1:1 intercrop of FSB. All treatments were sown in recommended planting date and density. Total aboveground materials of each plot were sampled in 5 randomly selected plants in two-weekly intervals and repeated seven times during growth period. Green leaf area index (GAI) and total aboveground dry matter (DM) were measured for each species in sole and intercropped plots. Time course of LAI and DM was estimated by fitting logistic peak and sigmoid functions to the measured values for each species, respectively. Crop growth rate (CGR; $\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$) of each species was estimated as the first derivative of the sigmoid function. Economic yield of species was measured by harvesting the whole plots and used for calculation of land equivalent ratio (LER) for intercropping treatments.

Results and Discussion

Results showed that for all studied species, the growth indices were lower in intercropping compared to monoculture. Maximum GAI (1.28), dry matter (184.6 g m^{-2}) and crop growth rate ($5.2 \text{ g m}^{-2} \text{day}^{-1}$) for fennel was observed in pure stand. For sesame, the highest GAI (4.2) was obtained in the sesame – fennel intercrop, however, maximum dry matter (1023 g m^{-2}) and crop growth rate ($24.5 \text{ g m}^{-2} \text{day}^{-1}$) were achieved in the pure stand of sesame. Similarly in bean, maximum GAI (3.8), dry matter (546.39 g m^{-2}) and crop growth rate were observed in pure stand. However, the lowest GAI (0.61), dry matter (54 g m^{-2}) and crop growth rate ($1.6 \text{ g m}^{-2} \text{day}^{-1}$) of fennel was observed in fennel-sesame and fennel-sesame-bean intercrops, respectively. The minimum GAI (3.24), dry

1- Ph.D. Student of Crop ecology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

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

Doi: 10.22067/jag.v1i1.25372

matter (286 g.m^{-2}) and crop growth rate ($6.6 \text{ g.m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) of sesame was obtained in fennel- sesame- bean, fennel- sesame and fennel- sesame- bean, respectively. The minimum LAI (3.08), dry matter (110 g.m^{-2}) and crop growth rate ($3.26 \text{ g m}^{-2}.\text{day}^{-1}$) of sesame was observed in fennel- sesame- bean treatment. Despite the lower growth indices, LER was greater than 1 in all intercrops with a highest value (1.09) in sesame – bean showing the better allocation of dry matter between component species of intercropping.

Conclusion

While the LAI, DM and CGR was lower when species were intercropped, the overall rate of dry matter production of intercropping systems was about 28%, on average, higher as compared with pure stands leading to almost 10% higher productivity. Addition of the third species into intercrops has no significant effect on productivity. However, it seems that using species with diverse functional traits to increase functional diversity could cause higher productivity of intercropping systems.

Keywords: Crop growth rate, Fennel, LAI, Row intercropping, Land equivalent ratio



مقاله علمی - پژوهشی

اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژی و عملکرد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت تنش خشکی در خاک شور

مهدی امیریوسفی^۱، محمدرضا تدین^{۲*} و رحیم ابراهیمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۳

امیریوسفی، م.، تدین، م.، و ابراهیمی، ر.، ۱۴۰۰. اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی صفات فیزیولوژی و عملکرد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت تنش خشکی در خاک شور. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۷۰-۲۵۱.

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه کینوا (*Chenopodium quinoa* Willd.) تحت رژیم‌های کم‌آبی در خاک شور، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه‌ای واقع در منطقه دستگرد اصفهان انجام شد. در این آزمایش چهار سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) به عنوان عامل اصلی و چهار سطح کود زیستی (شاهد، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر) و دو سطح کود شیمیایی (عدم کاربرد و کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر) به عنوان عوامل فرعی مورد مطالعه قرار گرفت. میانگین حجم آب مصرفی در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به ترتیب ۴۲۰۴/۱، ۳۴۲۷/۲، ۲۶۶۵/۶ و ۲۱۸۴/۸ مترمکعب در هکتار بود. تیمارهای کود شیمیایی نیز بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی توسط آزمایشگاه، به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار اعمال شدند. نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی، افزایش سطوح تنش خشکی موجب کاهش کلیه صفات اندازه‌گیری شده (شامل میزان کلروفیل کل، شاخص سطح برگ، تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت) در کینوا گردید. با این وجود، کلیه صفات اندازه‌گیری شده تحت تیمار کاربرد کودهای شیمیایی در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی افزایش معنی‌داری داشت. به نحوی که بیشترین عملکرد دانه (۳۲۲۵/۳۸ کیلوگرم در هکتار) و بالاترین درصد شاخص برداشت (۴۱/۱۲ درصد) کینوا در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی و آبیاری مطلوب (تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) حاصل شد و شرایط تنش شدید خشکی (تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه)، عملکرد دانه و شاخص برداشت این گیاه را به ترتیب حدود ۸۸ و ۳۶ درصد نسبت به شرایط آبیاری مطلوب با تیمار کودی مشابه (کاربرد کودهای شیمیایی) کاهش داد. از طرفی، در سطوح مختلف تنش، استفاده هم‌زمان از کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تأثیر را بر تعدیل اثرات تنش خشکی و افزایش معنی‌دار کلیه صفات مورد بررسی داشت. به طوری که در شرایط تنش شدید خشکی و کاربرد کودهای شیمیایی، تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، میزان کلروفیل، شاخص سطح برگ، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه کینوا را به ترتیب حدود ۳۲، ۳۵، ۳۶ و ۱۵ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی در همان سطح خشکی افزایش داد. نتایج در مجموع نشان داد که با وجود شوری خاک محل آزمایش، گیاه کینوا حتی در سطح آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه (تنش شدید خشکی)، دوره رشد خود را کامل کرده و بذری تولید کرد که نشان‌دهنده مقاومت بالای کینوا به شرایط تنش‌های شدید محیطی است.

واژه‌های کلیدی: تاج خروس، بیوفسفر، تنش اسمزی، شاخص برداشت، نیتروکسین

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

۳- استاد گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

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

مقدمه

در حال حاضر کشاورزی عمده ترین مصرف‌کننده منابع آب جهان و در نتیجه، آسیب‌پذیرترین بخش از بحران کم‌آبی است، از این رو، مهم‌ترین مشکلی که امنیت غذایی کشور و جهان را تهدید می‌کند، کمبود منابع آب مناسب می‌باشد (Habibzade et al., 2015). به‌نحوی که نیاز به غذای بیشتر و محدودیت منابع آب، بشر را به سمت اعمال مدیریت کم‌آبیاری سوق داده است. علاوه‌براین در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان که به کم‌آبی مبتلا هستند مشکل شوری نیز وجود دارد، به همین دلیل در این مناطق گیاهان اغلب به‌طور همزمان تحت تأثیر هر دو تنش شوری و کم‌آبی قرار دارند (Hoseini et al., 2018).

با توجه به شرایط خشک‌سالی‌های ممتد در کشور و کمبود منابع آبی و در پی آن شوری منابع آب و خاک، تولید برخی از گیاهان زراعی و باغی مرسوم در مناطق خشک کشور با محدودیت‌های زیادی از نظر تأمین آب برای رشد آن‌ها مواجه شده است و این موضوع موجب کاهش عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی در این مناطق شده است. از این‌رو، معرفی گیاهان جدید و با پتانسیل عملکرد بالا که هم از نظر زراعی در شرایط خشک و شور عملکرد مناسبی داشته باشند و هم محصول تولیدی، از کیفیت بالایی برخوردار باشد، در دستور کار وزارت جهاد کشاورزی قرار گرفته است (Hoseini et al., 2018).

کینوا با نام علمی *Chenopodium quinoa* Willd.، گیاهی یکساله از خانواده تاج‌خروس (*Amaranthaceae*) و با خاستگاه آمریکای لاتین است. این گیاه با وجود ارزش غذایی بالا، مقاومت زیادی در برابر طیف گسترده‌ای از تنش‌های غیرزنده مانند خشکی، شوری و سرما از خود نشان داده است و قابلیت رشد در زمین‌های حاشیه‌ای را دارد (Prager et al., 2018). در برخی منابع گزارش شده است گیاه کینوا به‌دلیل تحمل نسبتاً بالای به تنش‌های خشکی و شوری (Adolf et al., 2013)، تنوع ژنتیکی بالا و تطابق‌پذیری به اقلیم‌های مختلف (Basra et al., 2014) و کارایی بالای استفاده از منابع آب (Prager et al., 2018)، می‌تواند گیاه مناسبی برای استفاده از منابع آب محدود و خاک‌های بسیار شور باشد. از نظر ارزش غذایی نیز دانه کینوا که محصول اصلی این گیاه است، بین ۱۴ تا ۲۰ درصد پروتئین (حدود دو برابر دانه گندم *Triticum aestivum*) دارد و سرشار از اسید آمینه‌های ضروری مانند لیزین و متیونین است که در

بیشتر گیاهان غله‌ای، به‌میزان کمی وجود دارند (Iqbal et al., 2018). ارزش غذایی بسیار بالای دانه کینوا موجب مقایسه آن با شیر خشک توسط سازمان خواروبار جهانی شده است (GordilloBastidas et al., 2016). مجموع این عوامل سبب شده که سطح زیر کشت کینوا به‌عنوان یک گیاه مناسب در راستای دستیابی به سیاست‌های جهانی کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد، به‌نحوی که سطح زیر کشت جهانی این گیاه از ۳۶ هزار هکتار در سال ۱۹۸۰ به ۲۰۰ هزار هکتار در سال ۲۰۱۷ گزارش شده است (Kaoutar et al., 2017). کینوا به‌صورت گسترده در آفریقا و آمریکای جنوبی کشت می‌شود و در ایران هم‌چنان به‌صورت گیاهی ناشناخته باقی مانده است؛ البته در سال‌های اخیر تلاش‌هایی در زمینه تحقیقات در مورد این گیاه در کشور انجام شده است، به‌طوری‌که در سال ۱۳۹۲ کشت آزمایشی کینوا برای نخستین‌بار در گرگان صورت گرفت. در سال ۱۳۹۶ کینوا در ۲۴ هکتار حدود ۲۰ استان کشور از جمله خراسان، قم، اصفهان و یزد کشت شد (Tavousi & Lotf-Ali, 2018).

گیاهان برای رشد و تولید محصول علاوه‌بر آب، به عناصر غذایی نیز وابسته هستند. نیتروژن و فسفر عناصر کلیدی در تغذیه گیاهان به حساب می‌آیند و به‌عنوان یک جزء اصلی در ساختمان تعدادی مولکول‌های زنده از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، اسیدهای آمینه، آنزیم‌ها، ویتامین‌ها و رنگیزه‌ها نقش اساسی در گیاهان ایفا می‌کنند (Hassegawa et al., 2008). میزان مصرف جهانی کودهای شیمیایی در سال ۲۰۲۰ بالغ بر ۲۰۶ میلیون تن تخمین زده شده است که در حدود ۶۳ درصد آن کودهای نیتروژنه می‌باشند. به‌علاوه بیش از ۶۶ درصد این کودها در کشورهای در حال توسعه و ۵۳ درصد از این میزان در آسیا به مصرف می‌رسد. در ایران نیز تولید کودهای شیمیایی که از سال ۱۳۲۴ آغاز شد با الگویی مشابه با سایر کشورهای در حال توسعه از اواخر دهه ۵۰ شمسی به‌سرعت توسعه یافت، به‌طوری‌که در حال حاضر هرساله بیش از ۴/۴ میلیون تن کود شیمیایی در کشور مصرف می‌شود که در مقایسه با رقم ۲/۲ میلیون تنی در سال ۱۳۷۵ افزایشی حدود ۱۰۰ درصدی را نشان می‌دهد (Koocheki et al., 2008).

زمانی که آب مصرفی از طریق آبیاری کمتر از مقدار نیاز آبی گیاه زراعی باشد، استفاده از کود بر مبنای آبیاری کامل باعث هدررفت

کود، افزایش شوری خاک و افزایش آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود (Nasir Khan et al., 2019). از طرفی، هنگام استفاده از کودهای شیمیایی در ابتدای فصل زراعی، ممکن است بخشی از فرم شیمیایی قابل استفاده عناصر برای گیاه به فرم‌های دیگر تبدیل شود و یا از طریق آبشویی از دسترس گیاه خارج گردند که این موضوع افزایش شوری زمین‌های زراعی و آلودگی منابع آب را به همراه دارد (Nasir Khan et al., 2019). بنابراین، جهت افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی، روش‌های مصرف کود باید به گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول یک مدت طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد (Kalayu, 2019).

استفاده از کودهای زیستی حل‌کننده فسفر و تثبیت‌کننده نیتروژن، از جمله روش‌های عملیات زراعی بهینه است که می‌تواند به جذب بهینه عناصر غذایی توسط گیاه کمک کند و موجب کاهش شوری خاک و آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی شود (Stamenkovic et al., 2018). کود زیستی نیتروکسین از طریق بهبود مواد آلی و فعالیت بیولوژیک خاک و عرضه عناصر غذایی، موجب افزایش عملکرد گیاه زراعی می‌گردد (Sabbagh et al., 2017). کود زیستی بیوفسفر نیز با ترشح اسید فسفاتاز سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می‌شوند (Kocabas et al., 2010). کودهای زیستی بیش از یک نقش کارکردی دارند، یعنی علاوه بر کمک به جذب عنصری خاص، باعث جذب سایر عناصر، کاهش بیماری‌ها، بهبود ساختمان خاک، تحریک بیشتر رشد گیاه، افزایش کمی و کیفی گیاه زراعی و افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی می‌شوند (Stamenkovic et al., 2018).

تلاهیگو و همکاران (Telahigue et al., 2017) با بررسی تأثیر سطوح مختلف تنش خشکی بر ارقام گیاه کینوا گزارش کردند که وزن هزار دانه، عملکرد و اجزای عملکرد در ارقام کینوا تحت تأثیر تنش خشکی تا سطح معنی‌داری کاهش یافت. گونزالز و همکاران (Gonzalez et al., 2009) نیز گزارش کردند که در سطوح بالای تنش خشکی میزان پرولین در کینوا به‌طور معنی‌داری افزایش و عملکرد دانه کاهش می‌یابد. در برخی منابع کینوا یک گیاه شورزیست اختیاری معرفی شده است (Adolf et al., 2013). به نحوی که تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد گیاه کینوا ناچیز (غیر معنی‌دار) گزارش شده است (Pulvento et al., 2012). در مطالعه‌ای تیمار کاربرد ۱۲۵

کیلوگرم کود شیمیایی اوره موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک کینوا نسبت به شاهد شده است (Basra et al., 2012). در پژوهشی دیگر، نشان داده شد که کاربرد توأم منابع مختلف کود آلی شامل ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گاوی ۱/۲۴ درصد نیتروژن و ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کمپوست علف دریا هشت درصد نیتروژن موجب افزایش ۳۹ درصدی عملکرد دانه کینوا نسبت به شاهد شده است (Bilalis et al., 2012). به‌طور کلی، گزارش شده است که تیمار کاربرد توأم کودهای زیستی نیتروژن و فسفر از طریق عرضه به‌موقع و بهبود جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن، نقش مؤثری در افزایش مناسب ویژگی‌های رشد رویشی نظیر ارتفاع بوته و تعداد خوشه در مترمربع گیاه کینوا ایفا می‌کند، همچنین به‌واسطه تسهیل جذب فسفر و افزایش تعداد دانه در خوشه در مجموع، باعث افزایش عملکرد دانه در این گیاه می‌شود (Gomaa, 2013). هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه کینوا تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در خاک شور بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت اسپلینت پلات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در منطقه دستگرد (برخوار) اصفهان با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۸ دقیقه و ارتفاع ۱۵۷۲ متری از سطح دریای آزاد در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ انجام شد. برپایه طبقه‌بندی کوپن این منطقه دارای اقلیم بیابانی با تابستان بسیار گرم است. متوسط بارندگی، دما و تبخیر و تعرق سالانه آن به‌ترتیب ۱۳۵ میلی‌متر، ۱۶/۵ درجه سانتی‌گراد و ۲۰۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

سطوح آبیاری شامل ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به‌عنوان عامل اصلی و ترکیب کود زیستی در چهار سطح شاهد (بدون کود زیستی)، نیتروکسین، بیوفسفر و تلفیق نیتروکسین و بیوفسفر و کود شیمیایی در دو سطح عدم کاربرد و کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. کودهای زیستی نیتروکسین (حاوی

غلظت‌های مختلف از باکتری‌های *ازتوباکتر*^۱، *آزوسپیریلوم*^۲ و باکتری‌های محرک رشد) و بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های *باسیلوس*^۳ و *سودوموناس*^۴)، از شرکت زیست فناوری فرزندگان خریداری شده و بر اساس توصیه شرکت سازنده (مصرف یک لیتر در هکتار)، هنگام کشت به صورت بذر مال مصرف گردیدند. مطالعات در مورد نیاز کودی کینوا بسیار محدود است، با این وجود مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر، بدون اینکه کاهش کارایی مصرف کود را به همراه داشته باشد، موجب بهبود عملکرد کینوا شده است (Geren, 2015). بر این اساس و بر مبنای نتایج آزمون خاک و توصیه کودی توسط آزمایشگاه (جدول ۱)، تیمارهای کود شیمیایی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره و ۷۵ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل در هکتار اعمال شدند. لازم به ذکر است که تمامی کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل و ۵۰ درصد کود نیتروژن قبل از کاشت به زمین اضافه شد. ۵۰ درصد باقیمانده کود نیتروژن نیز قبل از گل‌دهی به کار رفت (Geren, 2015). همچنین جهت سنجش دقیق اثر عناصر غذایی مورد آزمایش، قبل از کاشت به همه کرت‌ها بر اساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه، سایر عناصر و کودهای توصیه شده شامل: ۱- عنصر روی به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کودی سولفات روی ۲- معادل ۲۰ تن در هکتار کود گاوی کاملاً پوسیده شده اضافه شد.

نیاز آبی گیاه کینوا برای رسیدن به حداکثر عملکرد دانه ۳۴۸ تا ۵۴۴ میلی‌لیتر برآورد شده شده است. ضریب گیاهی کینوا نیز در مراحل ابتدایی، میانی و انتهایی رشد به ترتیب ۰/۵۲، ۱ و ۰/۷۰ گزارش شده است (Garcia et al., 2003). بر این اساس و با توجه به اینکه مراحل زایشی یعنی تشکیل گل‌آذین تا پر شدن دانه، حساس‌ترین مراحل به خشکی در کینوا گزارش شده است (Hinojosa et al., 2018)، در این پژوهش، تنش خشکی (تیمارهای رژیم رطوبتی) با توجه به مراحل رشد فنولوژی کینوا، بر اساس مقیاس کدگذاری BBCH^۵، از مرحله ۰-۴: (مرحله نمو قطعات رویشی قابل

برداشت^۶) یعنی مرحله‌ای از نمو کینوا که همزمان با طویل شدن ساقه و قبل از ظهور خوشه اتفاق می‌افتد. در واقع پس از نمو برگ پرچم، غلاف این برگ و پدانکل طویل شده و خوشه توسعه یافته از آن خارج می‌شود. در مقیاس BBCH این مرحله با طویل شدن برگ پرچم شروع و هنگامی کامل می‌شود که خوشه قابل مشاهده شود، اعمال شد. برای این منظور، ابتدا جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک مزرعه در شرایط ظرفیت زراعی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک از تکرارهای هر آزمایش نمونه‌برداری شد و با استفاده از دستگاه صفحه فشاری تحت مکش ۰/۳ اتمسفر قرار داده شد. بر این اساس، درصد رطوبت وزنی در شرایط ظرفیت زراعی مزرعه ۲۹ درصد تعیین شد. همچنین به منظور تعیین دقیق زمان آبیاری، در هر تیمار پس از گذشت ۴۸ ساعت از زمان آبیاری، اقدام به برداشت نمونه خاک از عمق توسعه ریشه (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر) شد. نمونه‌های برداشت شده بلافاصله توزین و جهت تعیین درصد رطوبت وزنی خاک، در آون با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده شدند. آبیاری برای تیمارهای ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه زمانی انجام می‌شد که رطوبت خاک در عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر به ترتیب به ۲۱/۷۵، ۱۴/۵ و ۷/۲۵ درصد رسیده بود. حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار نیز از معادله ۱ محاسبه شد (Alizadeh, 2008).

معادله (۱)

$$V = (FC - \theta_m) \rho_b \times D_{Root} \times A / E_i$$

در این معادله، V: حجم آب آبیاری بر حسب مترمکعب، FC: درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی، θ_m : درصد رطوبت وزنی خاک قبل از آبی، ρ_b : وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)، D_{Root} : عمق توسعه ریشه بر حسب متر، A: مساحت آبیاری شده بر حسب مترمربع و E_i : کارایی آب مصرفی می‌باشند. بدین ترتیب، میانگین حجم آب مصرفی در تیمارهای ۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به ترتیب ۴۲۰۴/۱، ۳۴۲۷/۲، ۲۶۶۵/۶ و ۲۱۸۴/۸ مترمکعب در هکتار بود که بر اساس کارایی توزیع آب ۹۰ درصد با استفاده از پمپ و کنتور به صورت یکنواخت توزیع گردید.

ابعاد کرت‌ها در این پژوهش ۶×۱/۸ متر، فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها (تکرارها) دو متر در نظر گرفته شد و هر یک از کرت شامل شش خط کاشت به طول شش متر بودند.

6- Principal growth stage 4: development of harvestable vegetative parts

1- *Azotobacter*

2- *Azesprolium*

3- *Bacillus*

4- *Pseudomonas*

5- Biologische Bundesanstalt Bundessortenamt und Chemische Industrie scale

عملیات کاشت در تاریخ ۲۵ اردیبهشت ماه به روش خشکه کاری و با دست انجام شد. بذر ها در هر خط کاشت با فاصله حدود ۱۰ سانتی متر و فاصله ردیف ۳۰ سانتی متر در عمق تقریبی ۲-۱ سانتی متر کشت گردیدند به نحوی که تراکم بوته ای معادل ۳۳ بوته در مترمربع ایجاد شد (Basra et al., 2014). عملیات برداشت نیز در تاریخ ۲۲ شهریور و با دست صورت گرفت. لازم به ذکر است که خطوط ۱ و ۶ و نیم متر از هر طرف به عنوان حاشیه، خطوط ۲ و ۳ جهت سطح نمونه برداری و خطوط ۴ و ۵ به مساحت پنج مترمربع جهت سطح برداشت در نظر گرفته شد. به منظور سنجش حداکثر شاخص سطح برگ در زمان گل دهی پس از حذف یک متر حاشیه از بالا و پایین هر خط کشت سه بوته به طور تصادفی جدا و با عکس برداری و استفاده از نرم افزار Image Processor نسخه ۳/۰ مساحت برگ ها اندازه گیری و شاخص سطح برگ که بیان کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است، از نسبت سطح برگ هر بوته به سطح زمینی که توسط آن اشغال شده است، محاسبه شد (Biglouie et al., 2008) برای سنجش میزان کلروفیل، ابتدا ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ توزین شد، سپس در هاون چینی با ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰

درصد ساییده و پس از صاف کردن به لوله آزمایش منتقل و با استفاده از اسپکتروفتومتری VIS-UV مدل GV۲۲۰، جذب محلول در طول موج های ۴۷۰، ۶۴۷ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد، استون ۸۰ درصد نیز به عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد (Lichtenthder, 1987). به منظور اندازه گیری زیست توده کل (عملکرد بیولوژیک) و عملکرد دانه، از هر کرت آزمایشی بوته های خطوط ۴ و ۵ کشت در سطحی معادل پنج مترمربع به صورت جداگانه کف بر شده و برداشت گردید. سپس با وزن کردن کل نمونه، عملکرد بیولوژیک تعیین شد. پس از آن دانه ها را از کاه و کلش جدا کرده و عملکرد دانه از مساحت برداشت شده محاسبه شد. در انتها از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به صورت درصد تعیین شد. داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و میانگین ها به وسیله آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. برای رسم شکل ها از برنامه Excel استفاده گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک
Table 1. Physical and chemical properties of soil

عمق Depth	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس Available K ⁺ (mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن الی O.C (%)	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
0-30	7.8	5.2	335	6.7	0.08	0.82	27	44	29

نتایج و بحث

کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر سطوح آبیاری، کود زیستی، کود شیمیایی و اثر برهم کنش دوگانه و سه گانه این تیمارها بر میزان کلروفیل کینوا معنی دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها (شکل ۱-a) کمترین میزان کلروفیل کینوا (۱/۲۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) تحت تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی و بیشترین آن (۴/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) نیز در تیمار آبیاری کامل (۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) و کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین و بیوسففر به همراه کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی اوره و سوپرفسفات

تربیل مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح خشکی، میزان کلروفیل کینوا در تمامی تیمارهای کودی کاهش یافت. با این وجود، در تمامی سطوح تنش خشکی و در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی، کاربرد توأم هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوسففر بیشترین تأثیر را بر تعدیل اثرات تنش خشکی و افزایش معنی دار میزان کلروفیل گیاه کینوا داشته است (شکل ۱-a). در بیان علت برتری تیمار ترکیب کودهای زیستی و شیمیایی می توان اظهار داشت که تأمین مناسب، کافی و تدریجی نیتروژن هم از طریق استفاده از کود نیتروژن و هم به واسطه حضور باکتری های تثبیت کننده نیتروژن در کودهای زیستی، احتمالاً باعث شده که گیاه کینوا، نیتروژن کافی جهت تولید کلروفیل در اختیار داشته باشد و سایر

عناصر مورد نیاز در فتوسنتز و سنتز کلروفیل نیز تا حدودی به‌واسطه استفاده از این کودها تأمین شود.

محققان بیان کردند اعمال تنش رطوبتی باعث کاهش رنگریزه‌های برگ کینوا شده و در نتیجه، کاهش میزان کلروفیل در این گیاه را به‌همراه داشته است (Fghire et al., 2015). گنزالز و همکاران (Gonzalez et al., 2009) نیز گزارش کردند که در شرایط تنش خشکی، کاهش کلروفیل، از طریق کاهش تولید مواد فتوسنتزی سبب افت عملکرد دانه و زیست‌توده در گیاه کینوا شده است. علت کاهش میزان کلروفیل کینوا در اثر تنش خشکی، تخریب غشای تیلاکوئیدهای کلروپلاست، اکسیداسیون نوری کلروفیل در اثر افزایش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن و افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز عنوان شده است (Hinojosa et al., 2018). تأثیر کودهای شیمیایی بر افزایش میزان کلروفیل کینوا معنی‌دار گزارش شده است (Gomaa, 2013). بسرا و همکاران (Basra et al., 2014) در بیان علت افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل کینوا در اثر کاربرد کود شیمیایی نسبت به شاهد، گزارش کردند که نیتروژن برگ تحت تأثیر کود شیمیایی نیتروژن افزایش می‌یابد و این موضوع افزایش محتوای کلروفیل برگ را به‌همراه دارد. گزارش‌های این پژوهشگران یافته‌های مطالعه حاضر را تأیید می‌کند. از طرفی، گزارش شده است که کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کودهای شیمیایی موجب افزایش جذب عناصر غذایی مؤثر در ساخته شدن کلروفیل (نیتروژن، آهن و منیزیم) می‌شوند و از این طریق، افزایش محتوای کلروفیل برگ و کاهش اثرات تنش خشکی را به‌همراه دارند (Bahamin et al., 2019). به‌طور کلی، از دست رفتن کلروفیل در شرایط تنش خشکی و شوری می‌تواند جنبه سازگاری داشته باشد، زیرا با کم شدن کلروفیل، الکترون برانگیخته شده طی فتوسنتز کاهش یافته و به‌دنبال آن خسارت‌های ناشی از تشکیل رادیکال‌های آزاد نیز کاهش می‌یابد (Kranter et al., 2002). کاهش میزان کلروفیل، تحت شرایط تنش توأم شوری و خشکی در سایر گونه‌های خانواده اسفناجیان از جمله آتریپلکس (*Atriplex hortensis*) نیز گزارش شده است (Kachout et al., 2011).

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که به‌جز اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری در کود شیمیایی، اثر تمامی تیمارها بر حداکثر شاخص سطح

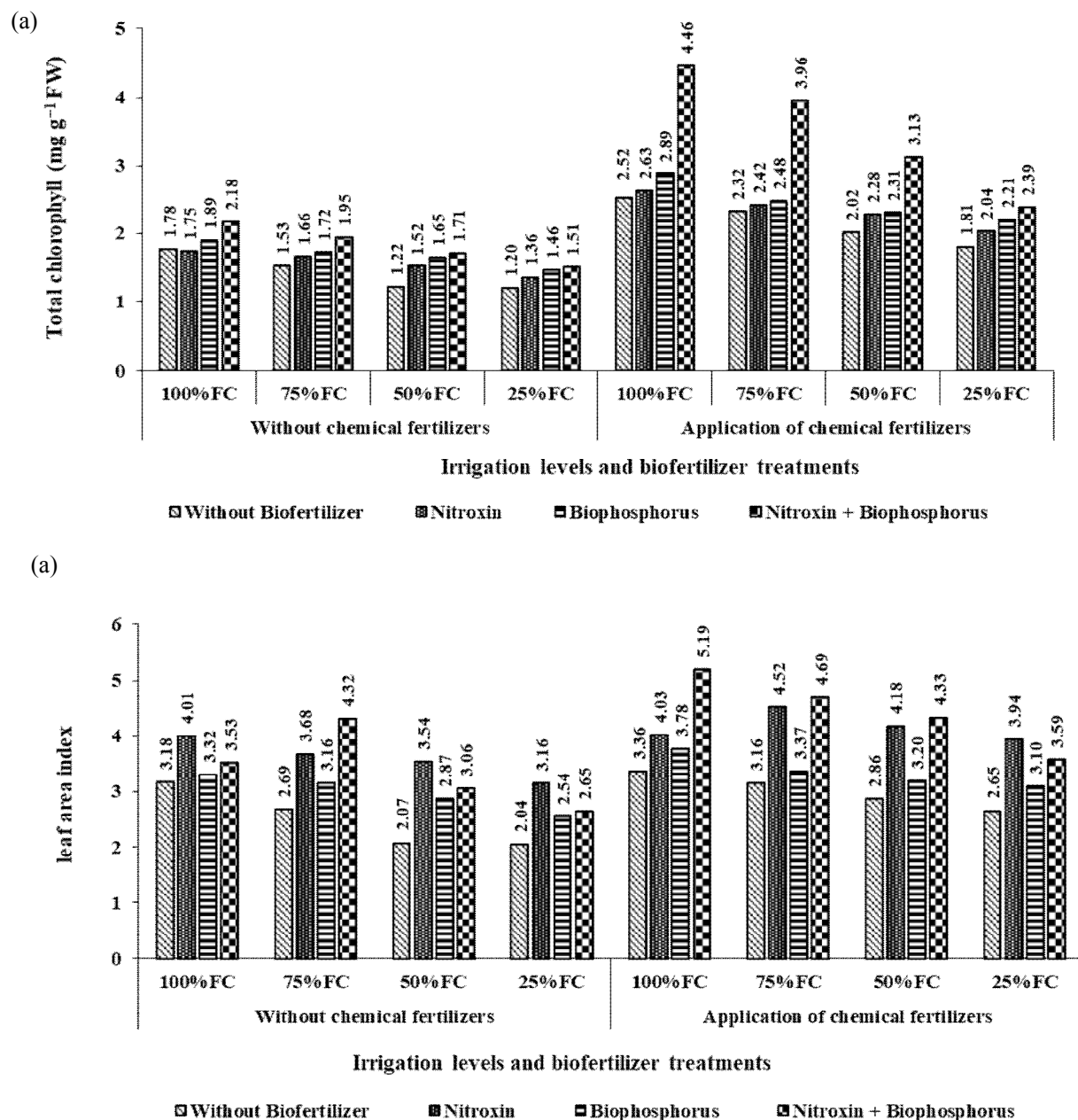
برگ کینوا معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ (۵/۱۸) تحت تیمار آبیاری کامل و تلفیق کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر به‌همراه مصرف اوره و سوپر فسفات تریپل و کمترین میزان شاخص سطح برگ (۲/۰۳) نیز در تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی و عدم کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی مشاهده شد (شکل ۱-b).

علت افزایش شاخص سطح برگ گیاه کینوا تحت تأثیر تیمار تلفیق کودهای زیستی و کود شیمیایی نیتروژن می‌تواند افزایش جذب این عنصر به‌دنبال افزایش تثبیت نیتروژن جوی باشد. زیرا به‌طور کلی، گزارش شده است که نیتروژن با اثرگذاری بر فرآیندهای تقسیم سلولی و ساخت کلروفیل باعث افزایش رشد رویشی، ارتفاع و تعداد شاخه‌های جانبی و در نهایت، منجر به افزایش تعداد برگ و شاخص سطح برگ در گیاه می‌گردد. از طرفی، جذب بیشتر فسفر به‌واسطه فعالیت ریزجانداران (میکروارگانیزم‌های) موجود در کودهای زیستی نیز میزان فتوسنتز را افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش تعداد و شاخص سطح برگ است (Bahamin et al., 2019). کوکازا و همکاران (Cocozza et al., 2012) دلیل کاهش عملکرد کینوا تحت تنش همزمان خشکی و شوری را کاهش سطح برگ، کاهش رشد و توسعه سلول‌ها و در نتیجه، کاهش فتوسنتز عنوان کردند. بنا به گزارش آن‌ها، کاهش مواد فتوسنتزی در اثر کاهش سطح برگ از یک سو و کاهش انتقال مواد پرورده به‌سمت اندام‌های زایشی در اثر تنش اسمزی ناشی از کمبود آب و شوری خاک از سوی دیگر، سبب کاهش عملکرد دانه در کینوا شده است.

تأثیر منابع مختلف کود آلی بر افزایش شاخص سطح برگ کینوا معنی‌دار گزارش شده است (Bilalis et al., 2012). از طرفی، بررسی تأثیر سطوح مختلف کود شیمیایی بر ژنوتیپ‌های مختلف کینوا نشان داد که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن به‌میزان توصیه شده برای خاک موجب افزایش معنی‌دار سطح برگ کینوا می‌شود (Basra et al., 2014). افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهای کاربرد تلفیقی کودهای نیتروژن و فسفر در گیاهان زراعی از جمله گندم (*Triticum aestivum*) و ذرت (*Zea mays*) نیز به‌ترتیب توسط زاید و همکاران (Wu et al., 2005) و زاید و همکاران (Zayed et al., 2010) گزارش شده است.

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف کینوا در شرایط تنش خشکی و سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی
 Table 2. Analysis of variance (mean of squares) for quinoa traits under drought stress conditions and levels of biological and chemical fertilizers

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	کلروفیل کل Total chlorophyll	شاخص سطح برگ Leaf area index	تعداد خوشه در مترمربع Number of panicles per m ²	تعداد دانه در خوشه Number of seeds per panicle	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.56**	0.77**	1474518.21**	1378.81**	0.80**	146271.17*	18.79 ^{n.s}
آبیاری Irrigation (a)	3	2.63**	3.67**	493280.59**	1001.49**	0.36**	3037123.01**	595.63**
خطای کرت اصلی Main error a	6	0.07	0.13	9588.24	7.45	0.06	43496.22	11.55
کود زیستی Bio Fertilizer (b)	3	3.37**	7.76**	928256.59**	1652.54**	0.41**	4021348.62**	1124.66**
کود شیمیایی Chemical Fertilizer (c)	1	23.34**	9.67**	1606578.76**	2479.44**	1.28**	9193412.92**	1074.34**
a×b	9	0.21**	0.27**	37265.94*	26.75*	0.02 ^{n.s}	162947.76**	47.46**
a×c	3	0.27**	0.10 ^{n.s}	11002.02 ^{n.s}	59.52**	0.13**	105544.35**	185.52**
b×c	3	1.16**	0.52**	60206.27**	421.36**	0.02 ^{n.s}	236181.16**	155.55**
a×b×c	9	0.12**	0.22**	24089.22 ^{n.s}	75.84**	0.04*	56473.66 ^{n.s}	19.13 ^{n.s}
خطای باقیمانده Sub error b×c	56	0.04	0.07	14233.28	10.07	0.01	32046.33	10.12
ضریب تغییرات CV (%)	-	9.26	7.97	11.46	5.21	6.48	14.66	10.43



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری، تیمارهای کود زیستی و تیمارهای کود شیمیایی بر کلروفیل کل (a) و شاخص سطح برگ (b) کینوا

Fig. 1- Mean comparisons for interaction effect of irrigation levels, biofertilizer treatments and chemical fertilizer treatments on total chlorophyll (a) and leaf area index (b) of quinoa

کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی، تیمار کاربرد کود زیستی
نیتروکسن برای صفت شاخص سطح برگ کینوا در گروه بالاتر آماری

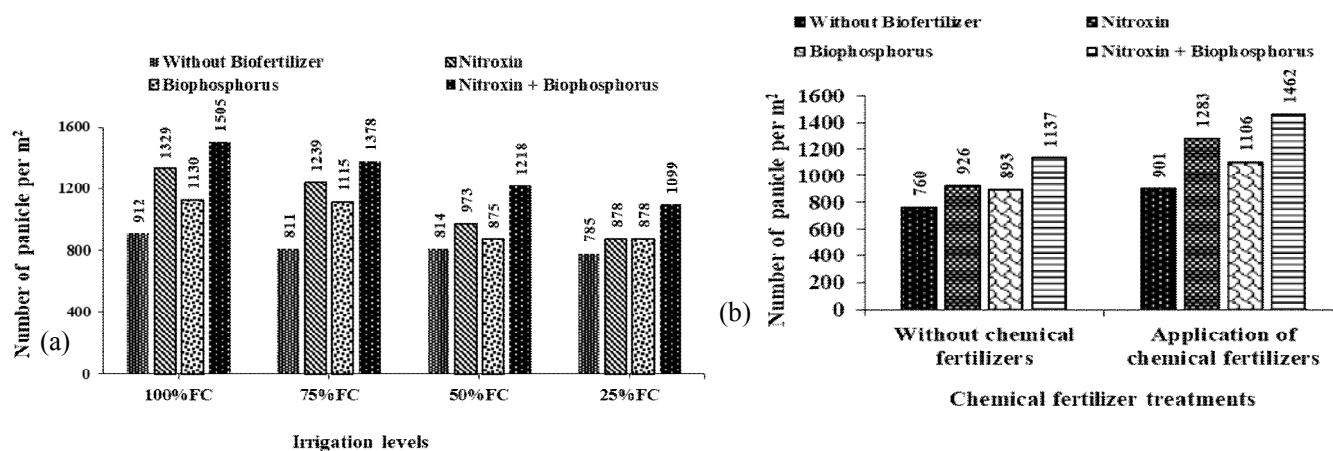
نتایج پژوهش حاضر همچنین نشان داد که در تیمار آبیاری ۲۵ درصد
ظرفیت زراعی مزرعه (تنش شدید خشکی)، تحت هر دو شرایط

قرار گرفت (شکل ۱-b). این یافته نشان می‌دهد که کود زیستی نیتروژنه بیشترین تأثیر را در تعدیل اثرات تنش شدید خشکی بر شاخص سطح برگ کینوا داشته است. در پژوهشی با بررسی تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن شامل ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره ۴۶ درصد نیتروژن، ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گاوی ۱/۲۴ درصد نیتروژن و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار کمپوست علف دریا ۱-۲ درصد نیتروژن نشان داده شد که با وجود اینکه کاربرد هر یک از این منابع کودی باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ در کینوا نسبت به شاهد گردید، اما اختلاف میان تیمارهای کودی با یکدیگر معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، هر سه منبع کودی در پژوهش مذکور از نظر آماری شاخص سطح برگ کینوا را به‌میزان مشابهی افزایش دادند (Panayioti et al., 2014). گزارش شده است که کاربرد کود زیستی نیتروژن موجب بالا رفتن تعداد و طول ساقه‌ها در گیاه کینوا شده و در پی آن تعداد برگ‌های موجود بر روی ساقه‌ها و در نهایت، شاخص سطح برگ کینوا افزایش یافته است (Geren, 2015).

تعداد خوشه در مترمربع

اثرات ساده سطوح آبیاری، کود زیستی، کود شیمیایی و همچنین اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری در کود زیستی و اثر برهم‌کنش کود زیستی در کود شیمیایی بر تعداد خوشه در مترمربع معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر سطوح آبیاری در کودهای زیستی نشان داد که در تمامی سطوح آبیاری، کاربرد همزمان هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تأثیر را در تعدیل اثرات تنش خشکی بر تعداد خوشه در مترمربع کینوا داشته است (شکل ۲-a). در هر دو سطح کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی، کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد خوشه کینوا داشته است. بیشترین تعداد خوشه در مترمربع (۱۵۰۵/۱۳ خوشه) مربوط به تیمار آبیاری کامل و کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و کمترین تعداد خوشه در مترمربع کینوا (۷۵۹/۷۰ خوشه) نیز مربوط به شاهد (بدون کود زیستی - بدون کود شیمیایی) بود (شکل ۲-b). کاهش چشمگیر تعداد خوشه در واحد سطح، مهم‌ترین عامل کاهش عملکرد دانه در گیاه کینوا تحت شرایط خشکی معرفی شده است (Hinojosa et al., 2018). کاهش تعداد خوشه در واحد سطح تحت تأثیر تنش کم‌آبی در گیاه کینوا، نوعی مکانیسم سازگاری معرفی شده است که در جهت تنظیم تعداد

مقصدهای فیزیولوژیکی با میزان تولید مواد پرورده رخ می‌دهد (Gamez et al., 2019). این در حالی است که تأثیر سطوح متوسط تنش شوری بر تعداد خوشه در واحد سطح ارقام کینوا غیر معنی‌دار گزارش شده است (Kaoutar et al., 2017). از طرفی، مقایسه میانگین داده‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد که در تمامی سطوح آبیاری (شکل ۲-a) و هر دو شرایط کاربرد یا عدم کاربرد کودهای شیمیایی (شکل ۲-b)، تیمار کاربرد کود زیستی نیتروکسین برای صفت تعداد خوشه در مترمربع در رتبه دوم آماری قرار گرفت. این یافته حاکی از آن است که منابع کود نیتروژن مورد استفاده در پژوهش، بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد خوشه در کینوا داشته است. گوما (Gomaa, 2013) با بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن و فسفر گزارش کرد که مصرف همزمان کود شیمیایی و کودهای زیستی به‌دلیل تأمین عناصر مورد نیاز گیاه در طی دوره رشد و همچنین بهبود فرآیندهای فتوسنتزی، سبب افزایش تعداد خوشه در مترمربع در گیاه کینوا شده است. بسرا و همکاران (Basra et al., 2014) دلیل افزایش تعداد خوشه در واحد سطح کینوا در اثر کاربرد نیتروژن را به نقش این عنصر در انتقال مواد تولید شده در فتوسنتز از مبدأ (اندام‌های رویشی) به مقصد (اندام‌های زایشی) نسبت دادند. در نتیجه، پژوهشی دیگر گزارش شده که کود شیمیایی نیتروژن باعث فراهمی بیشتر مواد غذایی در طول دوره رشد در کینوا شده است و از این طریق باعث افزایش تعداد خوشه در واحد سطح این گیاه شده است (Geren, 2015). یافته‌های این پژوهشگران با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی در گیاه کاهش می‌یابد و در نتیجه، رشد رویشی، تعداد اندام زایشی (تعداد خوشه)، تعداد دانه و در پی آن عملکرد نیز محدود می‌شود (Eppel et al., 2013). به‌طور کلی، گزارش شده است که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی در شرایط تنش خشکی، با مکانیسم‌های متعددی از جمله تثبیت نیتروژن، کمک به آزاد شدن عناصر غذایی در خاک، تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، افزایش کارایی جذب ریشه و اثرات آنتاگونیستی بر ریزجانداران بیماری‌زا، موجب تعدیل تنش خشکی و کاهش اثرات منفی آن می‌شوند (Bahamin et al., 2019).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری و تیمارهای کود زیستی (a) و تیمارهای کود شیمیایی و کود زیستی (b) بر تعداد خوشه در مترمربع کینوا

Fig. 2- Mean comparisons for interaction effect of irrigation levels and biofertilizer treatments (a), chemical fertilizer and biofertilizer treatments (b) on number of panicle per m² of quinoa

همان سطح خشکی افزایش داد. در مجموع، نیز بیشترین تعداد دانه در خوشه (۸۶/۹۶ دانه)، تحت تیمار آبیاری کامل و تلقیح بذور با کود

زیستی بیوفسفر به‌همراه مصرف کودهای شیمیایی حاصل شد. (شکل ۳-ا).

دلایل تأثیر مثبت مصرف منابع مختلف فسفر بر افزایش تعداد دانه در خوشه کینوا، نقش فسفر در سنتز و رسوب ذخایر در دانه و انرژی ذخیره شده حاصل از فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها در باندهای فسفات معرفی شده است (Gomaa, 2013). کاهش عملکرد کینوا در اثر سطوح بالای تنش خشکی از کاهش تعداد خوشه و تعداد دانه در آن‌ها ناشی می‌شود و این موضوع با مرگ و میر دانه‌های گرده در اثر افزایش اسید آبسیسیک در ارتباط است (Hinojosa et al., 2018). کاهش تعداد دانه در خوشه کینوا تحت شرایط تنش کم‌آبی، به کاهش رشد زایشی، کاهش منابع قابل دسترس و نهایتاً کاهش تولیدات فتوسنتزی این گیاه در سطوح بالای خشکی نسبت داده شده است (Gamez et al., 2019). ریزجاندانان موجود در کودهای زیستی نیتروژنه به‌واسطه تولید مواد محرک رشد از جمله ایندول استیک اسید باعث افزایش رشد در کینوا می‌شوند و از طریق افزایش حجم خاک اشغال شده، سطح جذب در

تعداد دانه در خوشه

نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری، کود زیستی، کود شیمیایی و اثر برهم‌کنش سه‌گانه این تیمارها بر تعداد دانه در خوشه کینوا معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۲). در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروژن و فسفر در سطوح متوسط و شدید خشکی (تیمارهای آبیاری ۵۰ و ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه)، بیشترین تأثیر را بر تعدیل اثرات خشکی بر تعداد دانه در خوشه کینوا داشته است. در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی نیز تلقیح بذور با کود زیستی بیوفسفر در تمام سطوح آبیاری توانست تعداد دانه در خوشه کینوا را به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها در همان سطح آبیاری (تنش خشکی) افزایش دهد. به نحوی که در شرایط عدم استفاده از کودهای شیمیایی، کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر تحت تیمار تنش شدید خشکی، تعداد دانه در خوشه کینوا را در مقایسه با شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی در سطح تنش خشکی مشابه حدود ۶۸ درصد افزایش داد. در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی نیز، تیمار کاربرد کود زیستی بیوفسفر تحت شرایط تنش شدید خشکی، تعداد دانه در خوشه کینوا را حدود ۳۵ درصد نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای زیستی در

این گیاه را افزایش می‌دهند. این موضوع (افزایش سطح جذب در کینوا) منجر به تسهیل دریافت عناصر مورد نیاز برای فتوسنتز شده و افزایش تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه شده و مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی را به همراه دارد، وجود باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر نیز با توجه به نقشی که این عنصر در تحریک رشد زایشی و تشکیل دانه در گیاه ایفا می‌کند، باعث افزایش تعداد دانه در خوشه کینوا می‌گردند (Gomaa, 2013).

به‌طور کلی، گزارش شده است که پویایی فسفر در خاک کم است و زمانی که تنش خشکی ایجاد می‌شود، از پویایی این عنصر بیشتر کاسته شده و سرعت انتشار آن در خاک محدود می‌شود (James et al., 2008). کودهای زیستی از یک‌سو قادرند با ترشح هورمون‌های مختلف گیاهی، بر نفوذپذیری سلول‌های ریشه و رشد عمومی گیاه اثر بگذارند و از سوی دیگر، از طریق تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز باعث می‌شوند که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به‌فرم محلول در آید و برای ریشه قابل جذب گردد (Piromyou et al., 2011). به‌طور کلی، افزایش توان تولیدی بذر در اثر کاربرد کودهای زیستی، به نقش فسفر در افزایش تعداد دانه در گیاه نسبت داده شده است (Mohammadpour Vashvaei et al., 2017).

وزن هزار دانه

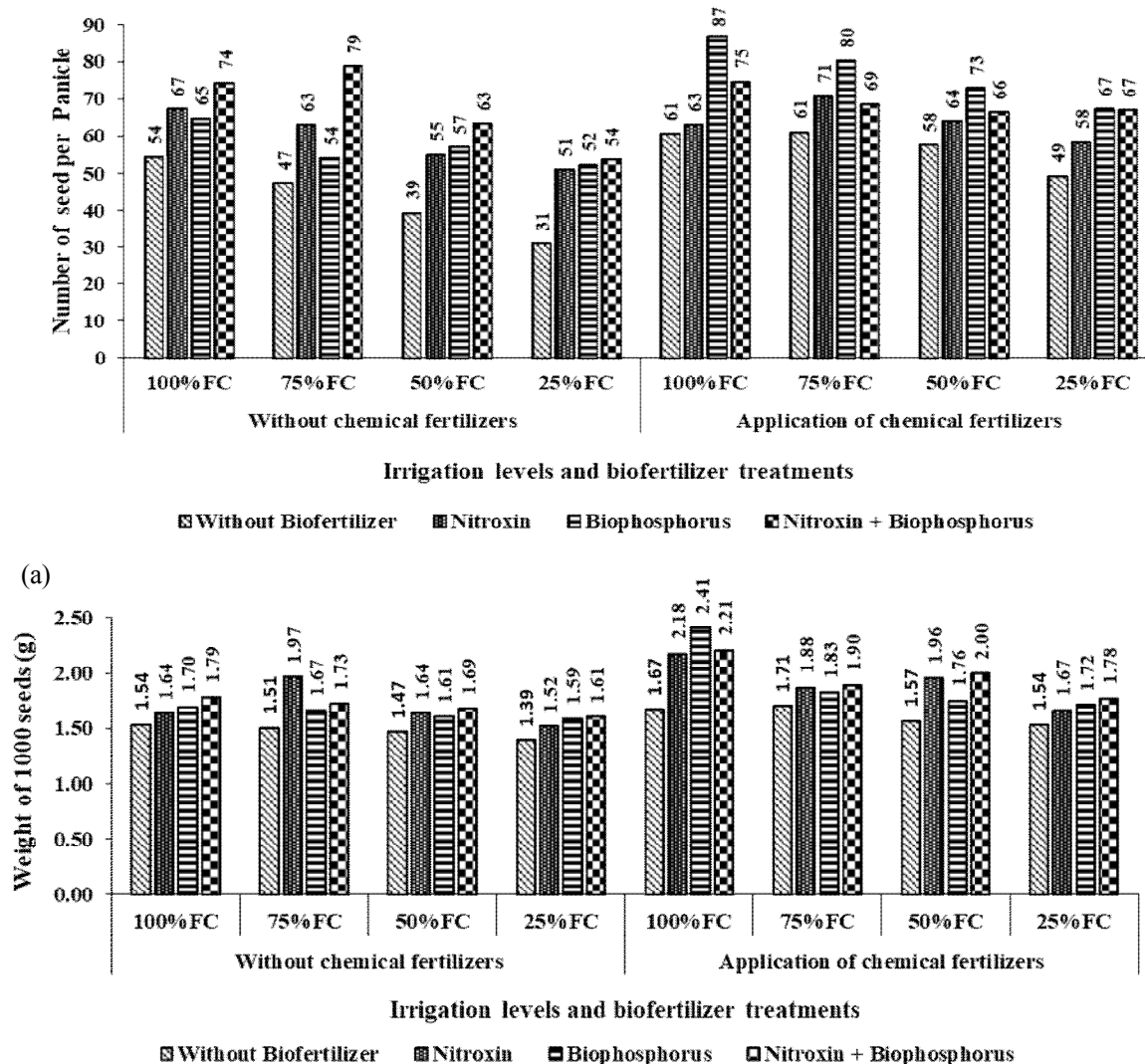
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات ساده سطوح آبیاری، کود زیستی و کود شیمیایی و اثر برهم‌کنش سه‌گانه این تیمارها بر وزن هزار دانه کینوا معنی‌دار ($P \leq 0.05$) شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی، بیشترین وزن هزار دانه (۱/۹۷ گرم) در تیمار آبیاری ۷۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه به‌همراه کاربرد کود زیستی نیتروکسین حاصل شد. این در حالی بود که در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی بیشترین میزان وزن هزار دانه (۲/۴۱ گرم) در شرایط آبیاری کامل به‌همراه کاربرد بیوفسفر مشاهده شد. اما نکته حائز اهمیت این بود که در تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه (تنش شدید خشکی)، تحت هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی، ابتدا تیمار کاربرد توأم کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و پس از آن نیز تیمار تلقیح بذور فقط با بیوفسفر، بیشترین تأثیر را بر کاهش اثرات تنش خشکی بر وزن

هزار دانه کینوا داشته‌اند (شکل ۳-b). که این موضوع بیانگر نقش مهم فسفر در شکل‌گیری دانه و مقاومت گیاه به شرایط تنش اسمزی است. گزارش شده است که تحت تنش خشکی شدید، وزن هزار دانه کینوا به‌دلیل کاهش فتوسنتز و عدم توزیع مناسب مواد ذخیره‌ای به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (Fghire et al., 2019). تأثیر کاربرد کودهای زیستی تثبیت‌کننده نیتروژن را بر افزایش وزن هزار دانه ژنوتیپ‌های کینوا معنی‌دار گزارش شده است (Basra et al., 2014). با مقایسه تأثیر کودهای نیتروژن و فسفر بر اجزای عملکرد گیاه کینوا نشان داده شد که از بین اجزای مختلف عملکرد در گیاه کینوا، وزن هزار دانه بیشترین تأثیر را از منابع مختلف کود فسفر (شیمیایی و زیستی) می‌پذیرد (Gomaa, 2013). گزارش شده است که کاربرد باکتری‌های محرک رشد گیاه در شرایط تنش خشکی، به‌واسطه افزایش تولید هورمون‌های گیاهی به‌خصوص جیبرلین و سیتوکینین و تشدید فعالیت آنزیم‌هایی نظیر گلوتامات دهیدروژناز و گلوتامین سینتاز موجب تحریک تقسیم سلولی در اندام‌های گیاهی، و در نتیجه، افزایش رشد در گیاهان می‌شوند و از طریق افزایش ظرفیت مخزن در گیاه، شکل‌گیری دانه‌ها را بهبود می‌بخشند و اثرات خشکی را کاهش می‌دهند (Egamberdieva et al., 2017). افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه در سیستم تغذیه تلفیقی (کاربرد توأم کودهای آلی و شیمیایی) نسبت به سیستم کاربرد جداگانه هر یک از کودهای آلی و شیمیایی، به افزایش سطح برگ جهت تولید و انتقال ماده فتوسنتزی بیشتر به دانه و همچنین آزادسازی عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن و فسفر از کود آلی در مرحله پر شدن دانه تحت تأثیر سیستم‌های تغذیه تلفیقی نسبت داده شده است (Iqbal et al., 2019).

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که تمامی اثرات ساده و برهم‌کنش تیمارهای سطوح آبیاری، کود زیستی و کود شیمیایی (به‌جز اثر برهم‌کنش سه‌گانه این تیمارها) بر عملکرد دانه کینوا معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که افزایش سطوح تنش خشکی عملکرد دانه در کینوا را تحت هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی کاهش داده است. با این وجود، حداکثر عملکرد دانه در شرایط کاربرد کودهای شیمیایی نسبت به حداکثر عملکرد در شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی

۶۶/۲۵ درصد بیشتر بود (شکل ۴-ا).



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری، تیمارهای کود زیستی و تیمارهای کود شیمیایی بر تعداد دانه در خوشه (a) و وزن هزار دانه (b) کینوا

Fig. 3- Mean comparisons for interaction effect of irrigation levels, biofertilizer treatments and chemical fertilizer treatments on number of seed per panicle (a) and weight of 1000 seeds (b) of quinoa

بررسی کاهش داده است، اما این کاهش در شرایط کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی نسبت به شرایط بدون کاربرد کود کمتر بوده است. گزارش شده است که تنش خشکی در کینوا موجب کاهش تعداد خوشه‌های بارور و کاهش وزن دانه‌های این گیاه شده و در نتیجه، کاهش عملکرد را به‌همراه داشته است (Fghire et al.,

این در حالی است که کاربرد توأم کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تأثیر را بر افزایش معنی‌دار عملکرد کینوا در هر دو سطح کاربرد یا عدم کاربرد کودهای شیمیایی (شکل ۴-ب) و تمامی سطوح آبیاری (شکل ۴-ج) داشته است. به عبارت دیگر، تنش توأم خشکی و شوری عملکرد دانه کینوا را در همه سطوح کودی مورد

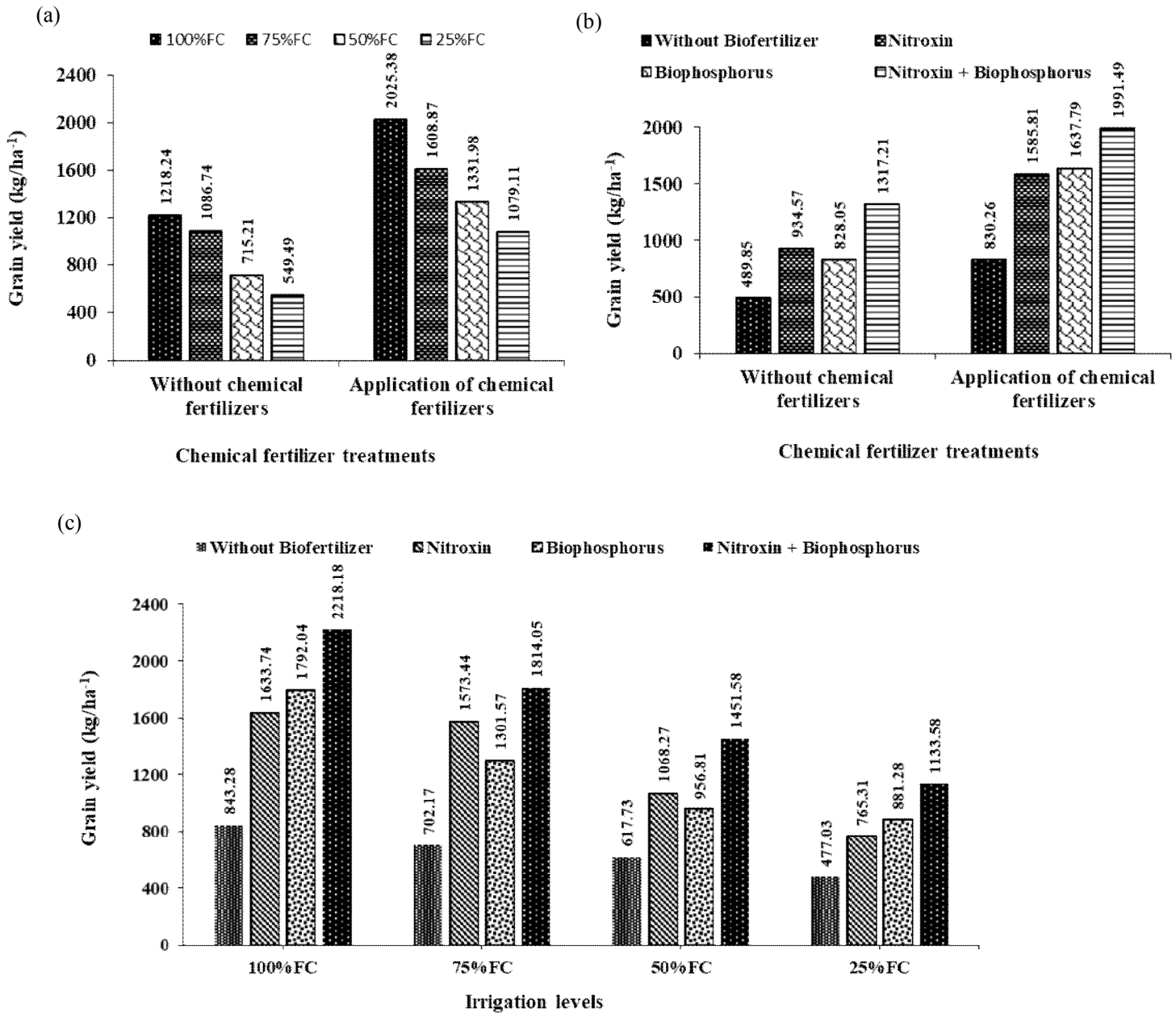
2015). تلاهیگو و همکاران (Telahigue et al., 2017) با بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر گیاه کینوا گزارش کردند که عملکرد دانه در این گیاه تحت تنش خشکی شدید (تیمار آبیاری ۳۰ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) به یک سوم میزان عملکرد در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش) کاهش یافت. کوکازا و همکاران (Cocozza et al., 2012) نیز کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کینوا را در اثر تنش توأم خشکی و شوری گزارش کردند. یافته‌های این پژوهشگران با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد. کاهش عملکرد دانه کینوا تحت شرایط تنش خشکی به کاهش فتوسنتز برگ و در نتیجه، کاهش میزان آسیمیلات برای دانه‌های در حال رشد این گیاه نسبت داده شده است (Gamez et al., 2019). تأثیر کودهای شیمیایی بر افزایش عملکرد دانه کینوا معنی‌دار گزارش شده است (Geren, 2015). همچنین گزارش شده است که باکتری‌های حل‌کننده فسفات در حضور کودهای شیمیایی حاوی فسفر، این عنصر را بیشتر و کارآمدتر در اختیار کینوا قرار می‌دهند و با توجه به ارتباط مستقیم و مثبتی که بین جذب فسفر و نیتروژن وجود دارد، این باکتری‌ها می‌توانند به جذب بیشتر فسفر و نیتروژن توسط کینوا کمک کنند (Gomaa, 2013). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای شیمیایی همراه با تلقیح بذور با کودهای بیولوژیکی باعث بهبود رشد و اجزای عملکرد دانه کینوا شده و از این طریق اثرات تنش اسمزی ناشی از خشکی و شوری خاک را کاهش داده است. گزارش شده است که مصرف نیتروژن موجب افزایش ساخت پروتئین، جذب و ساخت کربن و انتقال آن به مقاصد فیزیولوژیکی می‌شود و با تأثیرگذاری بر تولید شیره پرورده، سطح برگ و حفظ شدت فتوسنتز به‌ویژه در مرحله پر شدن دانه‌ها، بر عملکرد دانه گیاهان زراعی تأثیر می‌گذارد (Perchlik, 2018). در مورد فسفر نیز گزارش شده که این عنصر نقش کلیدی در فتوسنتز و پرشدن دانه‌ها دارد و از این رو سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود (Fabre et al., 2019). به‌طور کلی، گزارش شده است که نیتروژن و فسفر به‌دلیل وظایفی که در فرآیندهای حیاتی گیاه دارند، نقش اساسی در دستیابی به عملکرد مناسب ایفا می‌کنند، به همین دلیل مصرف کودهای نیتروژنه و فسفره همراه با کود زیستی سبب افزایش در عملکرد دانه و کاهش اثرات تنش‌های محیطی می‌شود (Stamenkovic et al., 2018).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت کینوا نشان داد که اثرات ساده سطوح آبیاری، کود زیستی و کود شیمیایی همچنین اثرات برهم‌کنش سطوح آبیاری در کود زیستی، سطوح آبیاری در کود شیمیایی و کود زیستی در کود شیمیایی بر این صفت معنی‌دار شد ($P \leq 0.01$) (جدول ۲). افزایش سطوح تنش خشکی در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی موجب کاهش شاخص برداشت در کینوا شده است (شکل ۵-a)، اما کاربرد کودهای شیمیایی همراه با تمامی تیمارهای کود زیستی، شاخص برداشت را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد (عدم کاربرد کودهای شیمیایی - بدون کود زیستی) افزایش داد (شکل ۵-b). همچنین در تمامی سطوح خشکی، ابتدا تیمار کاربرد توأم کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و پس از آن نیز تیمار تلقیح بذور تنها با نیتروکسین بیشترین تأثیر را بر افزایش شاخص برداشت کینوا و کاهش اثرات تنش خشکی بر این صفت داشته‌اند (شکل ۵-c). شاخص برداشت نشان‌دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می‌باشد. بنابراین، در توضیح علت کاهش شاخص برداشت در پژوهش حاضر می‌توان اظهار کرد که در طول دوره رشد، به‌دلیل کمبود آب قابل دسترس ناشی از تنش اسمزی در اثر شرایط توأم خشکی و شوری در مزرعه، قدرت انتقال مواد پروده به دانه کاهش یافته و منجر به افت عملکرد دانه و شاخص برداشت در کینوا شده است. کاهش تعداد خوشه در مترمربع، که سهم مهمی در تولید عملکرد کینوا دارد از دیگر دلایل مهم کاهش شاخص برداشت تحت شرایط تنش اسمزی به نظر می‌رسد. الناکار و همکاران (Al-Naggar et al., 2017) با بررسی تأثیر سطوح مختلف خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف کینوا گزارش کردند که تنش شدید خشکی در مرحله زایشی، بیشتر بر عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد تا ماده خشک کل، در نتیجه، باعث کاهش شاخص برداشت شده است. به‌طور مشابهی علت کاهش شاخص برداشت در ارقام کینوا در مواجهه با تنش شوری، کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به وزن زیست توده گزارش شده است (Hinojosa et al., 2018). در پژوهشی دیگر اثر منفی تنش خشکی بر عملکرد دانه کینوا، به کاهش سطح برگ و کاهش شاخص برداشت این گیاه تحت تأثیر سطوح بالای خشکی نسبت داده شده است (Gonzalez et al., 2009). تنش توأم خشکی و شوری موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه کینوا و در نتیجه، آن کاهش شاخص برداشت در این گیاه می‌شود (Hinojosa et al., 2018). با این وجود، استفاده از کودهای زیستی

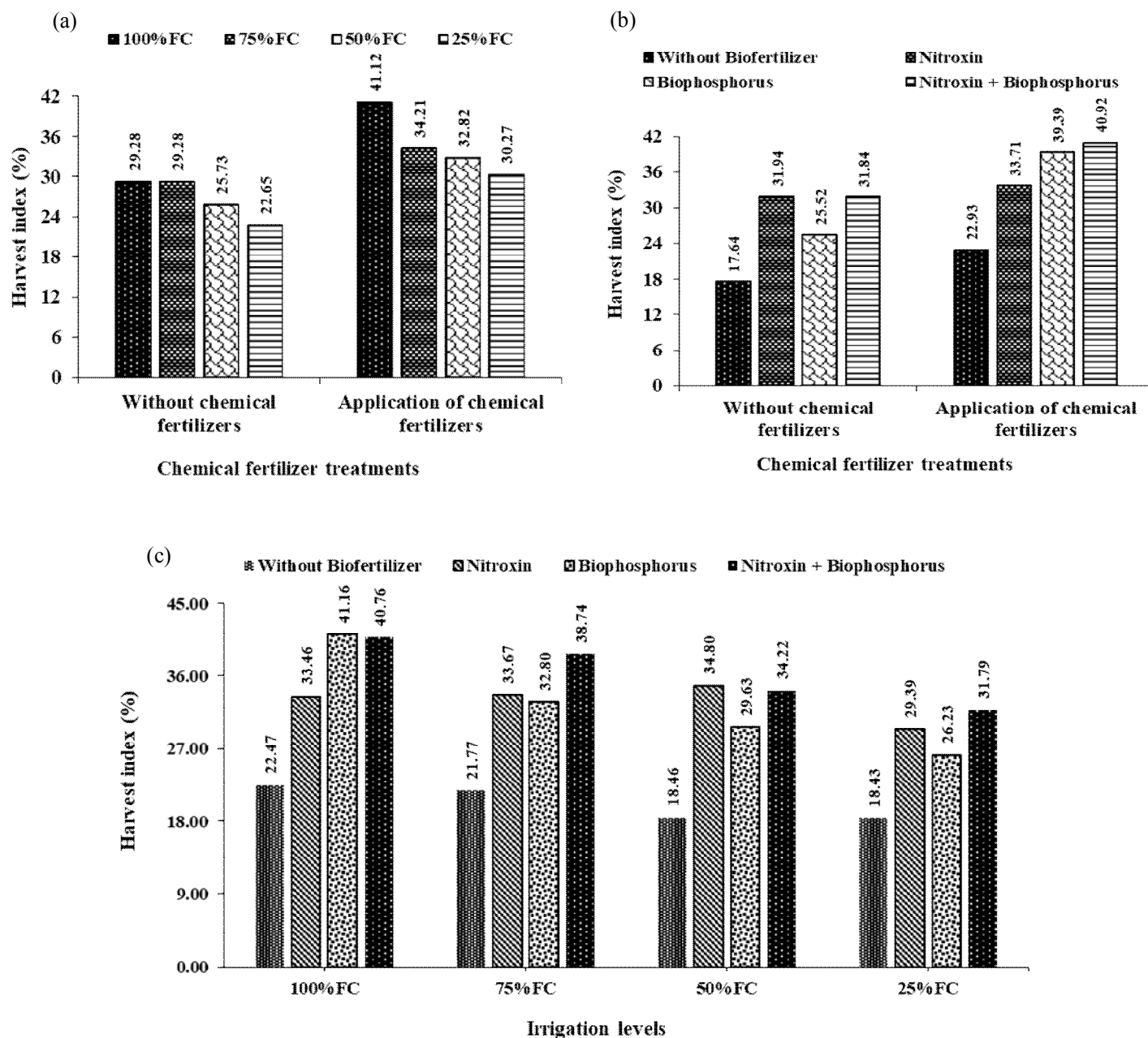
داشته است (Gomaa, 2013).

به‌عنوان مکمل به‌همراه کاربرد کودهای شیمیایی به‌میزان توصیه شده برای خاک، افزایش معنی‌دار شاخص برداشت در گیاه کینوا را به‌همراه



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش سطوح آبیاری و تیمارهای کود شیمیایی (a)، تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی (b) و سطوح آبیاری و تیمارهای کود زیستی (c) بر عملکرد دانه کینوا

Fig. 4- Mean comparisons for interaction effect of irrigation levels and chemical fertilizer treatments (a), biofertilizer and chemical fertilizer treatments (b), irrigation levels and biofertilizer treatments (c) on grain yield of quinoa



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر برهم کنش سطوح آبیاری و تیمارهای کود شیمیایی (a)، تیمارهای کود زیستی و کود شیمیایی (b) و سطوح آبیاری و تیمارهای کود زیستی (c) بر شاخص برداشت کینوا

Fig. 5- Mean comparisons for interaction effect of irrigation levels and chemical fertilizer treatments (a), biofertilizer and chemical fertilizer treatments (b), irrigation levels and biofertilizer treatments (c) on harvest index of quinoa

به‌طور کلی، گزارش شده است که کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی از طریق تسهیل جذب عناصر غذایی و افزایش شاخص سطح برگ موجب استفاده بهتر گیاهان از تابش خورشیدی برای فتوسنتز می‌شود، در نتیجه، مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه ارسال می‌گردد که این موضوع (افزایش ارسال مواد فتوسنتزی به دانه)، افزایش نسبت دانه به ماده خشک و شاخص برداشت را در پی دارد (Rahimi et al., 2019). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد که کاربرد توأم کودهای زیستی و شیمیایی از یک سو موجب بهبود اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد خوشه و دانه کینوا شده و از سوی دیگر، با فراهمی بیشتر و بهتر عناصر غذایی در طول دوره پر شدن دانه، کاهش وزن دانه‌ها در اثر تنش توأم خشکی و شوری را تعدیل بخشیده است. این عوامل در مجموع، موجب کاهش معنی‌دار اثرات تنش توأم خشکی و شوری بر عملکرد دانه و شاخص برداشت کینوا تحت تأثیر تیمار تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که گیاه کینوا تاب‌آوری بالایی به شرایط تنش‌های شدید محیطی دارد. به‌نحوی که توانست در یک محیط شور، حتی تحت تنش خشکی شدید (تیمار آبیاری ۲۵ درصد ظرفیت زراعی مزرعه) نیز دوره رشد خود را کامل کرده و تولید بذر کند. از طرفی، کاربرد کودهای شیمیایی در تمامی صفات اندازه‌گیری

شده نسبت به شرایط عدم کاربرد کودهای شیمیایی برتری داشت. همچنین در تمامی سطوح تنش و در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد کودهای شیمیایی، کاربرد همزمان هر دو کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بیشترین تأثیر را بر تعدیل اثرات تنش خشکی و افزایش معنی‌دار تمامی صفات مورد بررسی داشتند.

از آنجایی که تیمار تلفیق کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بیشترین تأثیر را بر افزایش عملکرد و کاهش اثرات تنش در کینوا داشت، می‌توان اظهار کرد که کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، به‌تنهایی قادر به تأمین کامل عناصر غذایی مورد نیاز این گیاه نیستند، ولی اگر همراه با کودهای شیمیایی مورد نیاز، طبق نتایج آزمون خاک به‌کار روند، می‌توانند در بهبود عملکرد و افزایش تاب‌آوری کینوا به تنش‌های محیطی مؤثر واقع شوند. بنابراین، با توجه به نتایج این پژوهش، کشت کینوا به‌عنوان گیاهی امیدبخش که تحمل بالایی به تنش‌های محیطی دارد و محصول تولیدی نیز از کیفیت بالایی برخوردار است، به‌همراه کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و مصرف کودهای شیمیایی مورد نیاز مطابق نتایج آزمون خاک، در اراضی با حاصلخیزی کم و دارای محدودیت قابل توصیه است.

References

- Adolf, V.I., Jacobsen, S.E., and Shabala, S., 2013. Salt tolerance mechanisms in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Environmental and Experimental Botany 92: 43–54.
- Alizadeh, A., 2008. Soil, Water and Plant relationship. Emam Reza University of Mashhad, Iran. pp.484. (In Persian).
- Al-Naggar, A.M.M., Abd El-Salam, R.M., Badran, A.E.E., and El-Moghazi, M.A., 2017. Drought tolerance of five Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes and its association with other traits under moderate and severe drought stress. Asian Journal of Advances in Agricultural Research 3(3): 2456-2468.
- Bahamin, S., Koochek, A., Nassiri Mahallati, M., and Beheshti, A., 2019. Effect of biological and chemical fertilizers of nitrogen and phosphorus on quantitative and qualitative productivity of maize under drought stress conditions. Environmental Stresses in Crop Sciences 12(1): 123-139. (In Persian with English Summary)
- Basra, S.M.A., Iqbal, S., and Afzal, I., 2014. Evaluating the response of nitrogen application on growth, development and yield of quinoa genotypes. International Journal of Agriculture and Biology 16: 886–892.
- Bazile, D., Jacobsen, S.E., and Verniau, A., 2016., The global expansion of quinoa: Trends and limits. Frontiers in Plant Sciences 7: 622-631.
- Biglouie, M.H., Assimi, M.H., and Jabbarzadeh, A.R., 2006. Effect of supplemental irrigation on yield and yield components of flue-cured tobacco. Iranian Journal of Field Crop Science 8(2): 184-200. (In Persian with English Summary)
- Bilalis, D., Kakabouki, I., Karkanis A., Travlos, I., Triantafyllidis, V., and Hela, D., 2012 Seed and saponin production of organic quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) for different tillage and fertilization. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 40(1): 42-46.

- Cocozza, C., Pulvento, C., Lavini, A., Riccardi, M., D'Andria, R., and Tognetti, R., 2012. Effects of increasing salinity stress and decreasing water availability on ecophysiological traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) grown in a Mediterranean-type agroecosystem. *Journal of Agronomy and Crop Science* 199(4): 229–240.
- Egamberdieva, D., Wirth, S.J., Alqarawi, A.A., Abd-Allah, E.F., and Hashem, A., 2017. Phytohormones and beneficial microbes: Essential components for plants to Balance stress and Fitness. *Frontiers in Microbiology* 8: 1-14.
- Enebe, M.C., and Babalola, O.O., 2018. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria in plant tolerance to abiotic stress: a survival strategy. *Applied Microbiology and Biotechnolog* 102(18): 7821–7835.
- Eppel, A., Keren, N., Salomon, E., Volis, S., and Rachmilevitch, S., 2013. The response of *Hordeum spontaneum* desert ecotype to drought and excessive light intensity is characterized by induction of O₂ dependent photochemical activity and anthocyanin accumulation. *Plant Science* 201(202): 74–80.
- Fabre, D., Yin, X., Dingkuhn, M., Clement-Vidal, A., Roques, S., Rouan, L., Soutiras, A., and Luquet, D., 2019. Role of triose phosphate utilization in photosynthetic response of rice to variable carbon dioxide levels and plant source-sink relations. *BioRxiv* 1-23.
- Fghire, R., Anaya, F., Ali, O.I., Benlhabib, O., Ragab, R., and Wahbi, S., 2015. Physiological and photosynthetic response of quinoa to drought stress. *Chilean Journal of Agricultural Research* 75(2): 174–183.
- Gamez, A.L., Soba, D., Zamarreño, A.M., García-Mina, J.M., Aranjuelo, I., and Morales, F., 2019. Effect of water stress during grain filling on yield, quality and physiological traits of Illpa and Rainbow quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars. *Plants* 8(6): 173-188.
- Garcia, M., Raes, D., and Jacobsen, S.E., 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agricultural Water Management* 60(2): 119–134.
- Geren, H., 2015. Effects of different nitrogen levels on the grain yield and some yield components of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Mediterranean climatic conditions. *Turkish Journal of Field Crops* 20(1): 59-64.
- Gomaa, E.F., 2013 Effect of nitrogen, phosphorus and bio fertilizers on quinoa plant. *Journal of Applied Sciences Research* 9(8): 5210- 5222.
- Gonzalez, J., Gallardo, M., Hillar, M., Rosa, M., and Prado, F., 2009. Physiological responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to drought and waterlogging stresses: Dry matter partitioning. *Botanical Studies* 50: 35-42.
- Gordillo-Bastidas, E., Diaz-Rizzolo, D.A., Roura, E., Massanes, T., and Gomis, R., 2016. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), from nutritional value to potential health benefits: An integrative review. *Journal of Nutrition and Food Sciences* 6(3): 1-10.
- Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., and Eini, O., 2015. Some morphophysiological characteristics of Mung Bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. *Journal of Plant Nutrition* 38(11): 1754-1767.
- Hinojosa, L., Gonzalez, J., Barrios-Masias, F., Fuentes, F., and Murphy, K., 2018. Quinoa abiotic stress responses: A review. *Plants* 7(4):106-138.
- Hossini, Y., Ramezani Moghaddam, J., Nikpour, M.R., and Abdoli, A., 2018. Evaluating water uptake functions under simultaneous salinity and water stress conditions in *Solanum lycopersicum*. *Journal of Water Research in Agriculture* 32(2): 247-265. (In Persian with English Summary)
- Iqbal, S., Basra, S.M.A., Afzal, I., Wahid, A., Saddiq, M.S., Hafeez, M.B., and Jacobsen, S.E., 2018. Yield potential and salt tolerance of quinoa on salt-degraded soils of Pakistan. *Journal of Agronomy and Crop Science* 205(1): 1-9.
- Iqbal, A., He, L., Khan, A., Wei, S., Akhtar, K., Ali, I., and Jiang, L., 2019. Organic manure coupled with inorganic Fertilizer: An approach for the sustainable production of Rice by improving soil properties and Nitrogen use efficiency. *Journal of Agronomy* 9(10): 651-671.
- James, B., Rodel, D., Loretto, U., Reynaldo, E., and Tariq, H., 2008. Effect of Vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. *Pakistan Journal of Botany* 40(5): 2217-2224.
- Kachout, S., Ben Mansoura, A., Jaffel Hamza, K., Leclerc, J.C., Rejeb, M.N., and Ouerghi, Z., 2011. Leaf–water relations and ion concentrations of the halophyte *Atriplex hortensis* in response to salinity and water stress. *Acta Physiologia Plantarum* 33: 335–342
- Kaoutar, F., Abdelaziz, H., Ouafae, B., Redouane, C.A., and Ragab, R., 2017. Yield and dry matter simulation using the saltmed model for five quinoa (*Chenopodium quinoa*) accessions under deficit irrigation in South Morocco. *Irrigation and Drainage* 66(3): 340–350.
- Khorshidi, Y.R., Ardakani, M.R., Ramezanpour, M.R., Khavazi, K., and Zargari, K., 2011 Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) to *Pseudomonas fluorescense* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 10(3): 387-395.
- Kocabas, I., Kaplan, M., Kurkcuoglu, M., and Baser, K.H.C., 2010 Effects of different organic manure applications on the essential oil components of Turkish sage (*Salvia fruticosa*). *Asian Journal of chemistry* 22(2): 1599-1605.
- Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., and Davari, A., 2017. A meta analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. *Agroecology* 9(2): 296-313.
- Koyro, H.W., Lieth, H., and Eisa, S.S., 2008. Salt tolerance of *Chenopodium quinoa* willd. grains of the Andes: Influence

- of salinity on biomass production, yield, composition of reziaves in the seeds, water and solute relations. *Tasks for Vegetation Sciences* 43: 133-145.
- Kranter, I., Beckett, R.P., Wornik, S., Zorn, M., and Pfeifhofer, H.W., 2002. Revival of a resurrection plant correlates with its antioxidant status. *The Plant Journal* 31: 13-24.
- Lichtenthder, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Enzymology* 148: 350- 382.
- Mohammadpour Vashvaei, R., Ramroudi, M., and Fakheri, B.A., 2017. Effects of drought stress and bio-fertilizer inoculation on quantitative and qualitative characteristics of marian thistle (*Silybum marianum* L.). *Journal of Agroecology* 9(1): 31-49.
- Nasir Khan, M. Mobin, M., and Zahid, A., 2018. Fertilizers and their contaminants in soils, surface and groundwater. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* 225-240.
- Panayioti, P., Kakabouki, I., Travlos, I., and Bilalis, D., 2014. Effect of fertilization on yield and quality of biomass of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) and green amaranth (*Amaranthus retroflexus* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 71(2):288-294
- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V.P., and Prasad, S.M., 2014. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: A review. *Environmental Science and Pollution Research* 22(6): 4056–4075.
- Perchlik, M., and Tegeder, M., 2018. Leaf amino acid supply affects photosynthetic and plant nitrogen use efficiency under nitrogen stress. *Plant Physiology* 178(1): 174-189.
- Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N., and Teamroong, N., 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. *European Journal of Soil Biology* 47: 44-54.
- Prager, A., Munz, S., Nkebiwe, P., Mast, B. and Graeff-Honninger, S., 2018. Yield and quality characteristics of different quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) cultivars grown under field conditions in Southwestern Germany. *Agronomy* 8: 197-216.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., Iafelice, G., Marconi, E., and d'Andria, R., 2012. Yield and quality characteristics of quinoa grown in open field under different saline and non-saline irrigation regimes. *Journal of Agronomy and Crop Science* 198(4): 254–263.
- Rahimi, A., Moghaddam, S., Ghiyasi, M., Heydarzadeh, Ghazizadeh, S., and Popovic-Djordjevic, J., 2019. The influence of chemical, organic and biological fertilizers on agrobiological and antioxidant properties of Syrian cephalaria (*Cephalaria syriaca* L.). *Agriculture*: 9(6): 122-135.
- Rajendran, K., and Devaraj, P., 2004 Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farmland. *Biomass and Bioenergy* 26: 235-249
- Sabbagh, S.K., Poorabdollah, A., Sirousmehr, A., and Gholamalizadeh-Ahangar, A., 2017 Bio-fertilizers and systemic acquired resistance in *Fusarium* infected wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology* 19: 453-464.
- Stamenkovic, C., Beskoski, V., Karabegovic, I., Lazic, M., and Nikolic, N., 2018. Microbial fertilizers: A comprehensive review of current findings and future perspectives. *Spanish Journal of Agricultural Research* 16(1): 210-228.
- Tavousi, M., and Lotf-Ali, G.A., 2018. Quinoa cultivation and related research results. *Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Ahvaz, Iran*. pp. 40. (In Persian)
- Telahigue, D., Yahia, L.B., Aljane, F., Belhouchett, K. and Toumi, L., 2017. Grain yield, biomass productivity and water use efficiency in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under drought stress. *Journal of Scientific Agriculture* 1: 222-232.
- Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H., 2005 Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. *Geoderma* 125: 155–166.
- Zayed, B.A., Elkhoby, W.M., Salem, A.K., Ceesay, V., and Uphoff, N.T., 2013. Effect of integrated nitrogen fertilizer on wheat productivity and soil fertility under saline soil conditions. *Journal of Plant Biology Research* 2(1): 14-24.



The Effect of Chemical and Biological Fertilizers on some Physiological and Yield Traits of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under Drought Stress in Saline Soil

M. Amiryousefi¹, M. Tadayon^{2*} and R. Ebrahimi³

Submitted: 08-11-2019

Accepted: 13-01-2020

Amiryousefi, M., Tadayon, M., and Ebrahimi, R., 2021. The effect of chemical and biological fertilizers on some physiological and yield traits of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under drought stress in saline soil. Journal of Agroecology 13(2):251-270.

Introduction

Considering prolonged drought condition in the country, water shortage, and water and soil salinity, some crop and current horticulture productions in the arid zone of the country face many constraints in terms of water supply for growth and yield loss. In this way, introducing new plants with high production yield is at the top of the agenda of the Iran Ministry of Agriculture to obtain high-quality production. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) is an annual plant originated from Latin America. In addition to high nutrition value, this crop shows considerable resistance against a broad range of abiotic stresses such as drought, salinity and cold; and can be cultivated in marginal lands. Considering inability of most agricultural soils in the country to thoroughly supply nutrients for plants, chemical fertilizer consumption in Iran is much higher than the global average. Thus, in order to increase nutrient use efficiency, fertilizer utilization should change to render essential nutritious available for plants during a long time. Using bio-fertilizer dissolving phosphorus and nitrogen stabilizer is an optimal cultivation method, which improves adsorption of nutrition by plants and decreases soil salinity, and environmental contamination caused by indiscriminate use of chemical fertilizers.

Materials and Methods

In order to evaluate the chemical and bio-fertilizer effects on yield, yield component and some physiological properties of Quinoa under water deficit in saline soil, an experiment was conducted as split plot factorial layout based on the randomized complete block design with three replications in 2018-2019 crop season at Dastgerd area in Isfahan province. In this experiment four levels of irrigation (25, 50, 75 and 100 % of field capacity) as the main factor, and the combination of biofertilizer including control (without bio-fertilizer), Nitroxin, Biophosphorus and combination of Nitroxin, Biophosphorus and chemical fertilizer in two levels of no application and integrated application of nitrogen and phosphorus fertilizers as sub-factor were considered. The average amount of water used in treatments of 100, 75, 50 and 25% of field capacity was 4204.1, 3427.2, 2665.6 and 2828.8 m³, respectively. Chemical fertilizer treatments (250 kg urea and 75 kg triple super phosphate fertilizer per hectare) were based on the results of soil test and fertilizer recommendation by the laboratory.

Results and Discussion

Results showed that in all fertilizer treatments with drought stress increment, measured physiological traits (total chlorophyll and leaf area index), and seed yield component including the number of clusters per square meter, seed number in cluster and seed thousand weight decreased, and consequently seed yield and Quinoa harvest index decreased. Under severe drought stress (25% field capacity irrigation treatment), grain yield and harvest index decreased by about 76 and 22%, respectively, compared to non-stress conditions (100% field capacity irrigation treatment). However, in all stress levels and both application and non-application of chemical fertilizers, simultaneous inoculation with both Nitroxin, Biophosphorus bio-fertilizers made the largest contribution to decreased stress influences and significantly increased all traits studied. The nitrogen fertilizer

1- Ph.D. Student of Crop Physiology, Shahrekord University, Iran.

2- Associate Professor of Agronomy Department, Shahrekord University, Iran.

3- Professor of Mechanical Engineering of Biosystems Department, Shahrekord University, Iran.

(*Corresponding Author Email: mrtadayon@yahoo.com)

Doi: 10.22067/jag.v13i2.79212

resources had the most effect on decreasing osmotic stress consequence in chlorophyll content, leaf area index and spike number per square meter. Therefore, since spike number is the main part of seed yield, it could be stated that nitrogen fertilizer applied in this experiment had the largest contribution to increase of seed yield. Phosphorus fertilizer resources available in this study also showed the highest influence to decrease in stress effects of 1000-seed weight. This could be attributed to nitrogen influence on vegetative growth and physiological role of phosphorus to generate flower and seed production.

Conclusion

Our results revealed that despite soil salinity of surveyed area, Quinoa can complete growth period even in a 25% level of field capacity (severe drought stress) and produce seeds. This highlights the high resistance of Quinoa to severe environmental stress conditions.

Keywords: Biophosphorus, Chenopodiaceae, Leaf Area Index, Nitroxin, Osmotic Stress



مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی پتانسیل تولید، کارایی استفاده از منابع و سودمندی اکولوژیکی - اقتصادی در کشت مخلوط لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط همزیستی با میکوریزا

جواد حمزه‌ئی^{۱*} و سیده فاطمه حسینی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵

حمزه‌ئی ج. و حسینی، س.ف.، ۱۴۰۰. ارزیابی پتانسیل تولید، کارایی استفاده از منابع و سودمندی اکولوژیکی - اقتصادی در کشت مخلوط لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) و کدو پوست کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) در شرایط همزیستی با میکوریزا. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۷۱-۲۹۰.

چکیده

این آزمایش با هدف ارزیابی اثر همزیستی با میکوریزا (*Glomus mosseae*) بر سودمندی اکولوژیک کشت مخلوط افزایشی لوبیا چیتی با کدو پوست کاغذی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال زراعی ۱۳۹۵ انجام گرفت. الگوی کشت در پنج سطح شامل کشت خالص کدو، پوست کاغذی (با تراکم ۲/۲۲ بوته در واحد سطح)، کشت خالص لوبیا چیتی (با تراکم ۴۰ بوته در واحد سطح) و کشت مخلوط سری افزایشی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد لوبیا با کدو در دو حالت کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی میکوریزا (*Glomus mosseae*)، تیمارهای آزمایشی بودند. نتایج نشان داد که اثر الگوهای کشت در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا بر صفات تعداد میوه در بوته، وزن بذر، عملکرد بذر، عملکرد روغن، عملکرد معادل کدو، کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نیتروژن کدو و همچنین تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه لوبیا معنی‌دار بود. درصد روغن در کدو و درصد همزیستی در هر دو گیاه نیز در صورت کاربرد میکوریزا معنی‌دار بودند. بیشترین عملکرد معادل کدو (۱۸۵/۲۶ گرم بر مترمربع)، کارایی مصرف آب (۲/۷۲ کیلوگرم بر میلی‌متر) و کارایی مصرف نیتروژن (۱۰/۲۹ کیلوگرم بر کیلوگرم) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و در صورت کاربرد میکوریزا به دست آمد. نسبت برابری زمین جزئی در کدو بیشتر از لوبیا بود که بیانگر تأثیرپذیری بیشتر و مثبت کدو از کشت مخلوط با لوبیا است. بیشترین میزان نسبت برابری زمین (۱/۶۱)، مجموع ارزش نسبی (۱/۸۳)، کارایی استفاده از زمین (۱۵۴/۲۷) و شاخص بازگشت مالی (۴۶۳/۱۴) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و در حالت کاربرد میکوریزا حاصل شد که بیانگر توانایی میکوریزا در تعدیل رقابت لوبیا با کدو می‌باشد. در کل، با توجه به بهبود اجزای عملکرد، عملکرد معادل، کیفیت محصول تولیدی، کارایی مصرف آب و نیتروژن و نیز با عنایت به شاخص‌های سودمندی اکولوژیک می‌توان اظهار داشت که کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو در شرایط کاربرد میکوریزا مناسب‌ترین تیمار است.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، عملکرد معادل، کارایی مصرف آب، کارایی مصرف نیتروژن، کود زیستی

در سال ۲۰۳۰ میلادی میزان تقاضا برای مواد غذایی در جهان

مقدمه

(Hamzei, 2012).

از طرفی، استفاده از کودهای زیستی را روشی برای احیای فلور طبیعی خاک و مسیری برای رسیدن به کشاورزی پایدار دانسته‌اند (Baqual & Das, 2006) که متأسفانه اغلب سیستم‌های کشاورزی متداول مبتنی بر مصرف فراوان کودهای شیمیایی، از مزایای همزیستی ریزجانداران مفید با گیاه نظیر همزیستی با میکوریزا محروم هستند (Kapoor et al., 2004). در گیاهان میکوریزایی سیستم ریشه‌ای توسعه یافته و سبب افزایش جذب مواد غذایی و ظرفیت هدایت آب می‌شود. علاوه بر این، سنتز هورمون‌های رشد را بهبود بخشیده و مقاومت گیاه را در برابر پاتوژن‌های مضر افزایش می‌دهد (Singh et al., 2012). میکوریزا از طریق افزایش غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ، باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ می‌شود (Brito et al., 2008). بنابراین، به نظر می‌رسد کاربرد توأم کشت مخلوط و کود زیستی می‌تواند گامی مؤثر به‌سوی پایداری تولید در زمین‌های زراعی باشد. به‌طوری‌که، بیشترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی را همراه با کاربرد قارچ میکوریزا گزارش کرده‌اند (Marzban et al., 2014). همچنین، عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و خلر (*Lathyrus sativus* L.) در کشت مخلوط همراه با کاربرد ریزجانداران حل‌کننده فسفات افزایش یافت و نسبت برابری زمین برابر با ۲/۱۵ شد (Naghizade et al., 2012). به‌طور کلی، با افزایش تنوع زیستی، فضاهای خالی موجود در اکوسیستم‌های زراعی به‌وسیله گونه‌های مفید گیاهی و ریزموجودات خاکزی از جمله قارچ میکوریزا اشغال می‌شود. از طرفی، انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب در کشت مخلوط به‌همراه موجودات خاکزی همزیست به‌دلیل ایجاد حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع نیز می‌شود (Marzban et al., 2014). در میان گیاهان زراعی، حبوبات گیاهانی کم‌توقع و مناسب کشت در نظام‌های مخلوط به‌شمار رفته و از نظر اکولوژیکی و زیست‌محیطی بسیار ارزشمند هستند. لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهم‌ترین حبوبات است که در ایران جایگاه ویژه‌ای دارد و سطح زیر کشت آن رو به افزایش است و به‌دلیل دارا بودن پروتئین، فیبر و مواد معدنی فراوان، غذایی کامل محسوب می‌شود (Parsa & Bagheri, 2008). گیاهان متعلق به تیره کدوئیان نیز به‌علت تجمع درصد بالایی از پروتئین و به‌ویژه روغن در دانه از ارزش غذایی مناسبی برخوردار هستند. روغن حاصل از بذر کدوی پوست‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L.)، حاوی مواد

احتمالاً نزدیک به دو برابر سطح فعلی خواهد رسید و این در حالی است که میزان اراضی جدید جهت توسعه سطح زیر کشت بسیار محدود است (Marzban et al., 2014). افزایش مصرف کودهای شیمیایی در نیم قرن گذشته به‌منظور تأمین نیازهای رو به افزایش جمعیت، عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی را افزایش داده است، ولی این امر مشکلات زیست‌محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی، کاهش نفوذپذیری و افزایش وزن مخصوص ظاهری خاک، محدود شدن رشد ریشه، تخریب خاک و کاهش میزان حاصلخیزی خاک‌ها و در نهایت، کاهش رشد را سبب شده است (Hashemzadeh et al., 2014). این فرایند، تولید مواد غذایی در دهه آینده را با مشکل مواجه خواهد ساخت (Alikhan et al., 2009) و منجر به ایجاد فشار بر منابع طبیعی شده و پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کند (Hashemzadeh et al., 2014). لذا نیاز به طراحی و اجرای مجدد سیستم‌های برخورداری از پایداری و عملکرد به‌ضرورت احساس می‌شود (Hosseini et al., 2016).

در کشاورزی، چشم‌اندازهای متفاوتی برای تقلید از طبیعت وجود دارد که یک نمونه از آن، کشاورزی پایدار است و بدین صورت توصیف می‌شود که با مدیریت بهینه منابع یعنی افزون بر اثر رضایت‌بخش برای انسان، مدیریت و کنترل آفات، حفاظت از سلامت محیط و استفاده بهینه از ظرفیت منابع آب و خاک نیز فراهم شود. بنابراین، علاوه بر افزایش تولیدات کشاورزی از طریق افزایش سطح زیر کشت و عملکرد در واحد سطح، باید از عامل زمان و مکان در تولید محصولات زراعی یعنی اجرای سیستم چند کشتی نیز استفاده گردد (Banik et al., 2006). کشت مخلوط به‌عنوان عملیات کشاورزی پایدار تعریف می‌شود که در آن دو یا چند گونه به‌صورت همزمان، در طول یک فصل رشد و در یک قطعه زمین رشد می‌کنند (Amani Machiani et al., 2018). در این راستا انتخاب گیاهانی که کمترین رقابت را در یک آشیان اکولوژیک با هم داشته باشند، قدم عمده‌ای محسوب می‌شود. بهره‌برداری بیشتر از عوامل محیطی نیازمند تیپ ایده آل گیاهان زراعی است که قادر باشند در کمترین زمان، تمام آشیان‌های اکولوژیک را به‌طور کامل اشغال کنند و از منابع و امکانات محیطی استفاده بیشتری ببرند. برتری کشت مخلوط بر کشت خالص این است که در اغلب موارد تولید بیشتری از آن در مقایسه با کشت خالص، از همان مقدار زمین به‌دست می‌آید

بسیار ارزشمندی است که اسیدهای چرب غیر اشباع، ویتامین A، ویتامین B، ویتامین E، مواد معدنی، فیتواسترولها، کارتنوئیدها و پروتوکلروفیل از جمله آنهاست. این گیاه در درمان بیماریهای مختلفی نظیر هیپرپلازی پروستات، کاهش کلسترول و اسیدهای چرب اشباع خون، کرمهای روده‌ای، التهاب معده، روده، تصلب شرائین، جلوگیری از انقباضات نامنظم قلب و کاهش خطر تشکیل سنگ مثانه کاربرد دارد (Fruhwirth & Hermetter, 2008). از این رو، هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر کود زیستی میکوریزا بر رقابت، عملکرد، شاخص‌های کشت مخلوط و خدمات اکوسیستمی در کشت مخلوط افزایشی لوبیا چیتی با کدوی پوست کاغذی بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینای همدان انجام گرفت. در این آزمایش از دو گیاه کدوی پوست کاغذی و لوبیا چیتی در سری‌های کشت مخلوط افزایشی^۱ استفاده شد. الگوهای کشت خالص کدو، کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط افزایشی ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد لوبیا با کدو در دو حالت کاربرد و عدم کاربرد کود زیستی میکوریزا تیمارهای آزمایشی بودند. قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری محل آزمایش به منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک نمونه‌برداری شد که نتایج خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

براساس توصیه کودی، مقدار ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن (Hamzeai & Babaei, 2015) مصرف نیتروژن در سه مرحله یک سوم پس از کاشت همراه با اولین آبیاری، یک سوم در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی و یک سوم در زمان ۵۰ درصد میوه‌دهی صورت گرفت (Habibi et al., 2011). ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار مصرف شد. کشت هر دو گونه در تاریخ ۹۵/۳/۷ انجام شد. رقم مورد مطالعه Cucurbita pepo L. var. styriaca بود که از مؤسسه پاکان بذر اصفهان تهیه شد. در کشت خالص کدو، هر کرت آزمایشی دارای چهار ردیف کاشت به طول پنج متر و با فاصله بین ردیف ۱۵۰ سانتی‌متر و روی ریف ۳۰ سانتی‌متر بود. در کشت خالص لوبیا نیز هر کرت آزمایشی دارای ۱۲ ردیف

کاشت به طول پنج متر و با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و روی ردیف پنج سانتی‌متر بود. تراکم کدو و لوبیا در واحد سطح به ترتیب ۲/۲۲ (Hamzeai & Babaei, 2015) و ۴۰ بوته (Omidi & Sepehri, 2015) بود. فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین بلوک‌ها ۱/۵ متر بود. در تیمارهای کشت مخلوط، تعداد ۸، ۱۶ و ۲۴ بوته از لوبیا در واحد سطح (به ترتیب ۲۰، ۴۰ و ۶۰ درصد تراکم خالص لوبیا) در بین ردیف‌های کدو کشت شدند (شکل ۱).

عملیات داشت در طی دوره رشد شامل آبیاری محصول به صورت بارانی و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی در طول فصل رشد گیاهان صورت گرفت. آبیاری هر هفت روز یک بار صورت گرفت و در طول فصل رشد در مجموع، ۶۸۰ میلی‌متر آب در هکتار وارد مزرعه شد. در پایان دوره رشد (اواخر مهرماه)، برداشت محصول از هر کرت پس از حذف دو خط کناری و نیم متر از انتهای واحد آزمایشی به عنوان اثر حاشیه، انجام شد و درصد روغن بذر کدو با استفاده از دستگاه سوکسله، عملکرد روغن (حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد بذر)، عملکرد معادل کدو (PEY)، کارایی مصرف آب^۳ (WUE) و نیتروژن^۴ (NUE) بر اساس عملکرد معادل کدو و همچنین صفات تعداد میوه در بوته، تعداد دانه در میوه، وزن بذر و عملکرد بذر در کدو و تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه در لوبیا، اندازه‌گیری شد. درصد همزیستی ریشه نیز به روش فلیپس و هایمن تعیین گردید (Philips & Hayman, 1970). به این منظور ریشه‌های نمونه‌برداری شده با آب به طور کامل شسته شد. به منظور رنگ‌بری، ریشه‌ها در محلول ۱۰ درصد KOH به مدت ۲۴ ساعت و در دمای محیط آزمایشگاه قرار داده شدند. ریشه‌ها به مدت چهار دقیقه در محلول اسیدکلریدریک (HCl) ۰/۱ مولار قرار داده شدند. برای رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از محلول تریپان بلو در دمای آزمایشگاه استفاده شد. قیمت لوبیا و کدو در سال مورد آزمایش به ترتیب ۱۲۵۰۰۰ و ۲۵۰۰۰۰ ریال بود. جهت مقایسه سودمندی کشت مخلوط با خالص، برخی از مهم‌ترین شاخص‌ها بر اساس فرمول‌های موجود محاسبه شدند (جدول ۲).

داده‌های به دست آمده از آزمایش با نرم‌افزار SAS9.1 تجزیه و میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد

2- Pepo equivalent yield

3- Water use efficiency

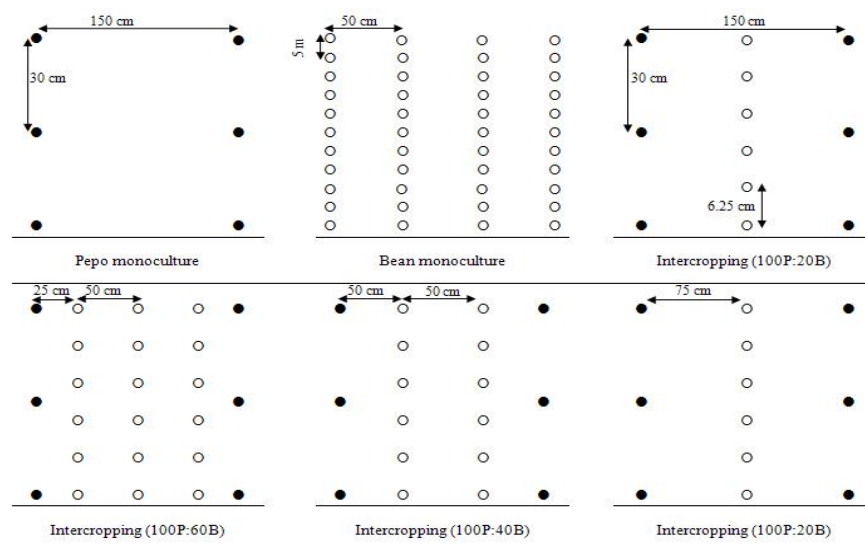
4- Nitrogen use efficiency

1- Additive series intercropping

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 1- Physical and chemical characteristics of experimental field soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	ماده آلی Organic matter (%)	فسفر قابل دسترس Available P (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس Available K (mg.kg ⁻¹)
لوم رسی Clay loam	7.5	0.76	0.9	11	210



شکل ۱- دیگرام نحوه اجرای کشت خالص و مخلوط لوبیا و کدو

Fig. 1- Diagram for the implementation of the sole cropping and intercropping of bean and pepo

یک گروه آماری قرار داشت. کمترین درصد همزیستی (۴۱/۵۱ درصد) نیز از کشت خالص کدو به دست آمد که با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت. کشت خالص کدو درصد همزیستی را به میزان ۳۳/۶۶ درصد نسبت به کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو، کاهش داد (جدول ۴). در واقع، به نظر می‌رسد در اولویت اول افزایش تنوع زیستی سبب افزایش تولید کل گیاهان از جمله افزایش زیست توده ریشه می‌شود که در نتیجه، افزایش محتوای کربن و نیتروژن خاک، افزایش فعالیت میکروبی خاک نیز تحقق می‌یابد (Grigulis et al., 2013). چنین یافته‌هایی نقش مکمل بودن در ارتقای عملکرد گیاهان و استفاده بهتر از منابع را برجسته می‌کند که بیانگر افزایش تولید زیست‌توده و افزایش جریان مواد و انرژی در خاک است. طبق تحقیقات انجام شده میکوریزا می‌تواند جریان مواد مغذی، عملکرد گیاه و پایداری اکوسیستم را افزایش دهد (Gianinazzi et al., 2010).

نتایج و بحث

جهت بررسی الگوهای مختلف کشت در سطوح همزیستی با میکوریزا و تعیین نقش میکوریزا در تعدیل رقابت بین لوبیا و کدو، از روش تجزیه برش‌دهی الگوی کشت در سطح میکوریزا انجام و الگوهای کاشت در حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا جداگانه مقایسه شدند.

درصد همزیستی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد از نظر درصد کلونیزاسیون ریشه کدو، بین الگوهای کشت، در حالت کاربرد میکوریزا در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار وجود دارد. ولی، در حالت عدم کاربرد میکوریزا بین الگوهای کشت، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). در حالت کاربرد میکوریزا بیشترین درصد همزیستی (۶۲/۵۷ درصد) برای کدو از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد که با کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو در

جدول ۲- شاخص‌های رقابت در کشت مخلوط
Table 2- Competition indices in intercropping

شاخص Index	معادله Equation	منبع Reference
نسبت برابری زمین کدو Pepo land equivalent ratio of pepo	$LERp = Ypb/Yp$	لیتورجیدیس و همکاران (۲۰۱۱) Lithourgidis et al., 2011
نسبت برابری زمین لوبیا Bean land equivalent ratio	$LERb = Ybp/Yb$	
نسبت برابری زمین کل Total land equivalent ratio	$TIER = LERp + LERb$	
نسبت رقابتی کدو Pepo competitive ratio	$CRp = (LERp/LEAb) \times (Zbp/Zpb)$	لیتورجیدیس و همکاران (۲۰۱۱) Lithourgidis et al., 2011
نسبت رقابتی لوبیا Bean competitive ratio	$CRb = (LEAb/LERp) \times (Zpb/Zbp)$	
نسبت معادل زمان و سطح Area time equivalent ratio	$ATER = Ypb/(Yp \times Tp) + (Ybp/Yb \times Tb)/T$	وایلی (۱۹۷۹) Willey, 1979
کارایی استفاده از زمین Land use efficiency	$LUE (\%) = [(LER + ATER)/2] \times 100$	سینگ و همکاران (۲۰۱۳) Singh et al., 2013
ضریب ازدحام نسبی کدو Pepo relative crowding coefficient	$Kp = Ypb \times Zbp/(Yp - Ypb)Zpb$	بنیک و همکاران (۲۰۰۶) Banik et al., 2006
ضریب ازدحام نسبی لوبیا Bean relative crowding coefficient	$Kb = Ybp \times Zpb/(Yb - Ybp)Zbp$	
ضریب ازدحام نسبی کل Relative crowding coefficient	$K = Kp \times Kb$	
شاخص بهره‌وری سیستم System productivity index	$SPI = (Yp/Yb)Ybp + Ypb$	آجینیو و همکاران (۲۰۰۶) Agegnehu et al., 2006
شاخص بازده نسبی تجمعی Cumulative relative efficiency index	$REtc = Kp/Kb$ $Kp = Ypb2/Ypbt1, Kb = Ybpt2/Ybpt1$	کانولی (۱۹۸۷) Connolly, 1987
شاخص غالبیت Aggressivity	$AGp = 2 \times (LERp - LERb) = -AGb$	اسنایدون (۱۹۹۱) Snaydon, 1991
عملکرد معادل کدو Pepo equivalent yield	$PEY = Ypb + Ybp \times (Pb/Pp)$	بنیک و همکاران (۲۰۰۶) Banik et al., 2006
مجموع ارزش نسبی Relative value Total	$RVT = (Ypb \times Pp + Ybp \times Pb)/YpPp$	لیتورجیدیس و همکاران (۲۰۱۱) Lithourgidis et al., 2011
کارایی مصرف آب Water use efficiency	$WUE = \text{Grain yield}/\text{Water consumption}_i (\text{kg/mm})$	آل - مفله و همکاران (۲۰۱۲) Al-Mefleh et al., 2012
کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	$NUE = \text{yield}/(\text{N consumption})$	مول و همکاران (۱۹۸۲) Moll et al., 1982
Ypb and Ybp: Yield of pepo and bean in intercropping, respectively.		
Yp and Yb: Yield of pepo and bean in sole cropping, respectively.		
Tp, Tb and T: Growth duration of pepo, bean and intercropping, respectively.		
Zpb and Zbp: Proportion of pepo and bean in intercropping, respectively.		
Pp and Pb: Price of pepo and bean, respectively.		

درصد همزیستی بین الگوهای کشت در حالت کاربرد میکوریزا در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد، ولی در حالت عدم کاربرد میکوریزا، بین الگوهای کشت تفاوتی وجود نداشت (جدول

فراوانی و تنوع ریزجانداران با تنوع جوامع گیاهی ارتباط دارد، به نظر می‌رسد لگوم‌ها، از طریق همزیستی سه جانبه میکوریزا-لگوم-ریزوبیوم، درصد کلونیزاسیون را افزایش می‌دهند. در لوبیا نیز از نظر

(۷). مقایسه میانگین‌ها نشان داد، در حالت کاربرد میکوریزا بیشترین درصد همزیستی (۷۰/۱۷ درصد) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد، ولی این تیمار با کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو تفاوت نداشت. کمترین مقدار این صفت (۴۴/۹۲ درصد) نیز از کشت خالص لوبیا حاصل شد. به‌طوری‌که این تیمار در مقایسه با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو، از کاهش ۳۵/۹۸ درصدی برخوردار بود (جدول ۸). در صورت تلقیح گیاه با میکوریزا نسبت به عدم تلقیح، درصد کلونیزاسیون ریشه ماریتیغال به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است (Hamzei & Salimi, 2014).

اجزای عملکرد و عملکرد بذر کدوی پوست کاغذی

از نظر تعداد میوه در بوته بین الگوهای کشت در صورت کاربرد میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد و در صورت عدم کاربرد میکوریزا در سطح احتمال یک درصد، تفاوت معنی‌دار وجود داشت، ولی تعداد دانه در میوه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگررفت (جدول ۳). در گیاهان میکوریزایی، بیشترین تعداد میوه در بوته (۱/۵۰ میوه در بوته) از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد، ولی این تیمار با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و کشت خالص کدو تفاوت نداشت. کمترین میزان این صفت (۱/۰۴ میوه در بوته) از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد، به‌طوری‌که این تیمار نسبت به کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو، تعداد میوه در بوته را ۳۰/۶۷ درصد کاهش داد (جدول ۴). در گیاهان غیر میکوریزایی بیشترین مقدار این صفت (۱/۳۱ میوه در بوته) از کشت خالص کدو به‌دست آمد که با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو در یک کلاس آماری قرار داشت. کمترین مقدار این صفت (۰/۷۳ میوه در بوته) از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد که با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو تفاوتی نداشت. کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو نسبت به کشت خالص کدو، سبب کاهش ۴۴ درصدی تعداد میوه در بوته کدو شد (جدول ۴). در کل، در صورت کاربرد میکوریزا نسبت به عدم کاربرد میکوریزا تعداد میوه در بوته در تیمارهای مشابه افزایش یافت (جدول ۴). لوبیا به‌علت توانایی تثبیت نیتروژن اتمسفری با ایجاد اثر مکملی سبب تقسیم منابع شده و رقابت بین گونه‌ای برای دریافت نیتروژن را کاهش می‌دهد. تعادل بین اثر مکملی و رقابت به‌طور مداوم تغییر می‌کند و به شرایط محیطی بستگی دارد، به‌طوری‌که با

افزایش تراکم لوبیا در کشت مخلوط از ۴۰ به ۶۰ درصد، به‌علت افزایش رقابت بین گونه‌ای و کاهش میزان دسترسی کدو به منابع محیطی، تعداد میوه در بوته کدو کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های بستامی و مجیدیان در مورد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) هماهنگ است (Bastami & Majidian, 2016).

وزن بذر کدو در صورت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد تحت تأثیر الگو کشت قرار گرفت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در صورت کاربرد میکوریزا بیشترین وزن بذر (۱۶۰/۹۰ میلی‌گرم) از کشت خالص کدو حاصل شد، ولی این تیمار با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین مقدار این صفت (۱۲۷/۵۵ میلی‌گرم) بدون تفاوت معنی‌دار با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو، از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد، به‌طوری‌که این تیمار نسبت به کشت خالص کدو، وزن بذر را به‌میزان ۲۰/۷۳ درصد کاهش داد. در حالت عدم کاربرد میکوریزا نیز بیشترین مقدار این صفت (۱۴۱/۷۵ میلی‌گرم) از کشت خالص کدو به‌دست آمد که با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو در یک کلاس آماری قرار داشت. به نظر می‌رسد افزایش ۲۰ درصد لوبیا به کدو می‌تواند روابط متقابل سودمند که در آن گیاهان از خدمات اکوسیستمی بهره‌مند می‌شوند را افزایش دهد و با ایجاد غلبه بر رقابت، رشد و کیفیت گیاهان را نیز بهبود بخشد. کمترین مقدار این صفت (۱۱۹/۶۵ میلی‌گرم) از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد که با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۴). احتمال می‌رود با افزایش تراکم لوبیا از ۲۰ به ۶۰ درصد، به‌علت افزایش رقابت بین گونه‌ای و کاهش دسترسی کدو به نور، آب و مواد غذایی و در نتیجه، کاهش فتوسنتز گیاه، وزن بذر کدو کاهش یافته است. این یافته‌ها با گزارش تحقیقی که بیان می‌دارد وزن بذر ذرت با افزایش تراکم به‌علت افزایش رقابت کاهش می‌یابد، هم‌خوانی دارد (Rahmani et al., 2017).

در کل، می‌توان اظهار داشت که در حالت کاربرد میکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن، وزن بذر در تیمارهای مشابه افزایش یافت. انشعابات میسلیومی قارچ‌های میکوریزا می‌توانند به درون خاک و روزنه‌هایی که برای ریشه و تارهای کشنده گیاه در دسترس نیستند راه یابند و به این ترتیب از حجم بیشتری از پروفیل خاک استفاده

کنند. بنابراین، میکوریزا با فراهم کردن سطح اضافی برای جذب (Aboutalebian & Malmir, 2017)، باعث افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر (Mohammadi et al., 2014) و نیتروژن (Heidari & Karami, 2014) شده و تولید آسمیلاتها در گیاه را افزایش می دهد و از این طریق سبب افزایش وزن بذر می شود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها، در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا، اثر الگوی کشت بر عملکرد بذر کدو در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ها نشان

داد که در صورت کاربرد میکوریزا بیشترین عملکرد بذر (۱۰۱/۴۲ گرم بر مترمربع)، از کشت خالص کدو حاصل شد، ولی این تیمار با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ و ۴۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین مقدار این صفت (۵۸/۶۸ گرم بر مترمربع) نیز از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو به دست آمد، به طوری که این تیمار نسبت به کشت خالص کدو، عملکرد بذر را ۴۲/۱۴ درصد کاهش داد.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر الگوی کشت مخلوط با لوبیا چیتی و همزیستی با میکوریزا بر اجزای عملکرد و عملکرد کدو پوست کاغذی
Table 3- Analysis of variance for the effect of intercropping pattern with bean and inoculation with mycorrhiza on yield and yield components of pepo

تلقیح با میکوریزا Inoculation with mycorrhiza (+M)		میانگین مربعات Mean of squares				
منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد میوه در بوته Fruit numbers per plant	تعداد دانه در میوه Seed numbers per fruit	وزن بذر Seed weight	عملکرد بذر Seed yield	درصد همزیستی Symbiosis percentage
تکرار Replication	2	0.11*	347 ^{ns}	800.89*	519.00*	76.47 ^{ns}
الگوی کشت Planting patter	3	0.14*	209 ^{ns}	705.15*	1214.99**	283.92**
خطا Error	6	0.02	1337	114.65	97.13	23.91
ضریب تغییرات CV (%)	-	10.37	17.06	7.20	11.16	9.32
عدم کاربرد میکوریزا (- M) Without myacorrhiza (-M)		تعداد میوه در بوته Fruit numbers per plant	تعداد دانه در میوه Seed numbers per fruit	وزن بذر Seed weight	عملکرد بذر Seed yield	درصد همزیستی Symbiosis percentage
تکرار Replication	2	0.13*	509 ^{ns}	446.27**	764.19*	0.18 ^{ns}
الگوی کشت Planting pattern	3	0.23**	29 ^{ns}	362.84**	935.01**	0.52 ^{ns}
خطا Error	6	0.03	585	35.41	74.72	0.64
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.23	10.85	4.49	12.78	18.72

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر الگوی کشت مخلوط با لوبیا چیتی و همزیستی با میکوریزا بر اجزای عملکرد و عملکرد کدو پوست کاغذی
Table 4- Mean comparison for the effect of intercropping pattern with bean and inoculation with mycorrhiza on yield and yield components of pepo

تلقیح با میکوریزا Inoculation with mycorrhiza	الگوی کشت مخلوط Intercropping pattern	تعداد میوه در بوته Fruit numbers per plant	تعداد دانه در میوه Seed numbers per fruit	وزن بذر Seed weight (mg)	عملکرد بذر Seed yield (g m ⁻²)	درصد همزیستی Symbiosis percentage
+M	100:00 (P:B)	1.44	208.52	160.90	101.42	41.51
	100:20 (P:B)	1.50	206.83	159.05	100.32	47.35
	100:40 (P:B)	1.48	216.89	147.12	92.89	62.57
	100:60 (P:B)	1.04	224.96	127.55	58.68	58.42
	LSD (5%)	0.28	ns	21.39	19.67	9.77
-M	100:00 (P:B)	1.31	220.27	141.75	82.58	3.72
	100:20 (P:B)	1.27	227.42	141.55	79.34	4.73
	100:40 (P:B)	0.94	221.57	127.00	64.80	4.31
	100:60 (P:B)	0.73	222.66	119.65	43.83	4.28
	LSD (5%)	0.30	ns	11.89	17.27	ns

B: Bean لوبیا چیتی

P: Pepo کدو پوست کاغذی

ns: نشان دهنده عدم معنی داری در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

ns: is non-significant at the 0.05 of probability level.

افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به دست آمد، ولی این تیمار با کشت خالص کدو و کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین درصد روغن (۳۹/۴۵ درصد) از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد که با تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو تفاوت معنی دار نداشت. کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو سبب کاهش ۱۶/۹۳ درصدی روغن کدو در مقایسه با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو شد (جدول ۴). عملکرد روغن کدو در گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت (جدول ۵). در صورت کاربرد میکوریزا بیشترین عملکرد روغن (۴۷/۶۲ گرم بر مترمربع) از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به دست آمد. این تیمار با کشت خالص کدو و کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین عملکرد روغن (۲۳/۱۸ گرم بر مترمربع) نیز از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد، به طوری که این تیمار عملکرد روغن را ۵۱ درصد نسبت به کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو، کاهش داد. در حالت عدم کاربرد میکوریزا بیشترین مقدار این صفت (۳۶/۱۵ گرم بر مترمربع) بدون تفاوت معنی دار با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو، از کشت خالص کدو به دست آمد. کمترین مقدار این صفت (۱۶/۴۴ گرم

در حالت عدم کاربرد میکوریزا، بیشترین عملکرد بذر کدو (۸۲/۵۸ گرم بر مترمربع) از کشت خالص کدو به دست آمد که با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین مقدار این صفت (۴۳/۸۳ گرم بر مترمربع) نیز از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد (جدول ۴). به نظر می رسد میکوریزا از طریق کمک به تأمین عوامل مؤثر در رشد برای گیاه، باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه میزبان می شود. مطابق نتایج به دست آمده، با افزایش شدت تنش ناشی از افزایش تراکم لوبیا نقش میکوریزا بر بهبود تأمین آب و عناصر غذایی و در نتیجه، افزایش توان کدو در برابر تنش محیطی، بیشتر نمایان می شود. در همین رابطه گزارش شده که به علت اثرات مثبت میکوریزا بر صفات فیزیولوژیک گیاه از جمله افزایش محتوای رنگدانه، سبب افزایش عملکرد دانه می شود (Nazari-Nasi et al., 2018).

درصد و عملکرد روغن کدوی پوست کاغذی

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان می دهد که در شرایط تلقیح با میکوریزا، از نظر درصد روغن بین الگوی کشت در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی دار وجود دارد، ولی در حالت عدم کاربرد میکوریزا درصد روغن تحت تأثیر الگو کشت قرار نگرفت (جدول ۵). در گیاهان میکوریزایی بیشترین درصد روغن (۴۷/۴۹ درصد) از کشت مخلوط

بر مترمربع) نیز از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد (جدول ۶). با توجه به همبستگی بالایی که بین عملکرد دانه و روغن وجود دارد، می‌توان بیان داشت که لازمه تولید عملکرد روغن مطلوب، عملکرد دانه مطلوب است. بنابراین، کاربرد میکوریزا می‌تواند موجب افزایش عملکرد دانه و روغن در کدو شود. نتایج تحقیقی نشان داد که بیشترین عملکرد روغن گیاه گاوزبان در صورت استفاده از کودهای زیستی به‌دست آمد (Sepehri & Karami, 2013). از طرفی، مطالعات انجام شده در مورد کشت مخلوط با لگوم‌ها نشان می‌دهد که فرآیند اصلی تأثیرگذار در تسهیل (بهیود شرایط محیطی و افزایش دسترسی به خدمات اکوسیستمی) جذب نیتروژن و فسفر، تغییر در pH ناشی از تثبیت نیتروژن توسط ریشه لگوم‌ها است (Bargaz et al., 2015; Latati et al., 2014).

عملکرد معادل کدو، کارایی مصرف آب و نیتروژن

الگوهای مختلف کشت از نظر عملکرد معادل کدو در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۵). به‌طوری‌که در حالت کاربرد میکوریزا، بیشترین مقدار عملکرد معادل کدو (۱۸۵/۲۶ گرم بر مترمربع) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد. کمترین مقدار این صفت (۱۰۱/۴۲ گرم بر مترمربع) نیز از کشت خالص کدو حاصل شد، ولی این تیمار با کشت مخلوط ۲۰ و ۶۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار داشت.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر الگوی کشت مخلوط با لوبیا چیتی بر کارایی مصرف منابع، عملکرد معادل و کیفیت بذر کدو پوست کاغذی

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of intercropping patterns with bean on resource use efficiency, equivalent yield, sybsiosis percentage and seed quality of pepo

تلقیح با میکوریزا Inoculation with mycorrhiza (+M)		میانگین مربعات Mean of squares				
منابع تغییر S.O.V	d.f	کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	کارایی مصرف آب Water use efficiency	عملکرد معادل کدو Pepo equivalent yield	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage
تکرار Replication	2	5.29 ^{ns}	0.37 ^{ns}	1722 ^{ns}	361.27**	17.20 ^{ns}
الگوی کشت Planting pattern	3	11.84*	0.83*	38.36*	395.31**	38.83*
خطا Error	6	1.57	0.11	506	32.70	8.08
ضریب تغییرات CV (%)	-	16.19	16.17	16.18	14.36	6.39
-M		کارایی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency	کارایی مصرف آب Water use efficiency	عملکرد معادل کدو Pepo equivalent yield	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percentage
تکرار Replication	2	4.41*	0.31*	1430*	114.51*	9.18 ^{ns}
الگوی کشت Planting pattern	3	3.10*	0.23*	1002*	236.43**	19.83 ^{ns}
خطا Error	6	0.64	0.04	208	12.36	12.15
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.20	14.38	14.21	12.30	8.31

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

ns, * and **: are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین اثر الگوی کشت مخلوط با لوبیا چیتی بر کارایی مصرف منابع، عملکرد معادل، درصد همزیستی و کیفیت بذر کدو
پوست کاغذی

Table 6- Mean comparison for the effects of intercropping patterns with bean on resource use efficiency, equivalent yield, sysbiosis percentage and seed quality of pepo

تلقیح با میکوریزا Inoculation with mycorrhiza	الگوی کشت Planting pattern	کارایی مصرف نیترژن Nitrogen use efficiency (kg.kg ⁻¹)	کارایی مصرف آب Water use efficiency (kg.mm ⁻¹)	عملکرد معادل کدو Pepo equivalent yield (g.m ⁻²)	عملکرد روغن Oil yield (g.m ⁻²)	درصد روغن Oil percentage
+M	100:00 (P:B)	5.63	1.49	101.42	47.26	46.59
	100:20 (P:B)	8.12	2.15	146.10	47.62	47.49
	100:40 (P:B)	10.29	2.72	185.26	41.27	44.50
	100:60 (P:B)	6.88	1.82	123.71	23.18	39.45
	LSD (%5)	2.50	0.66	44.96	11.43	5.67
-M	100:00 (P:B)	4.58	1.21	83.58	36.15	43.80
	100:20 (P:B)	6.41	1.70	115.34	34.42	43.49
	100:40 (P:B)	6.61	1.75	119.06	27.02	42.31
	100:60 (P:B)	4.97	1.32	89.46	16.64	38.22
	LSD (%5)	1.60	0.42	28.83	7.02	ns

ns: نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

ns: is non-significant at the 0.05 of probability level.

در مقایسه با کشت خالص کدو، کارایی مصرف آب را ۴۵/۲۲ درصد افزایش داد. در گیاهان غیر میکوریزایی نیز بیشترین مقدار کارایی مصرف آب از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد و با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو تفاوتی نداشت. کمترین مقدار کارایی مصرف آب بدون تفاوت معنی‌دار با کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو، از کشت خالص کدو به‌دست آمد (جدول ۶). یکی از پیچیده‌ترین مکانیسم‌هایی که کارایی محصول را بهبود می‌بخشد مربوط به استفاده بهتر از منابع از طریق کشت مخلوط است (Bedoussac & Justes, 2011; Bedoussac et al., 2015). مشخص شده است که گونه‌های موجود در کشت مخلوط با استفاده از مکانیسمی به‌نام اثر مکملی، رقابت بین گونه‌ای را محدود می‌کنند. در واقع اثر مکملی به تقسیم منابع و کاهش رقابت بین گونه‌ای اشاره دارد (Justes et al., 2014). کشت مخلوط از طریق افزایش حجم خاکی که از آن بهره‌برداری می‌شود و در نتیجه، با استفاده از رطوبت پروفیل بیشتری از خاک می‌تواند سودمند باشد (Zegada-Lizarazu et al., 2006). اثر الگوهای مختلف کشت بر کارایی مصرف نیترژن نیز در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). در حالت کاربرد میکوریزا، بیشترین (۱۰/۳۹) و کمترین مقدار کارایی مصرف نیترژن (۵/۶۳) به‌ترتیب از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد

کشت خالص کدو در مقایسه با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو، عملکرد معادل کدو را ۴۵/۲۶ درصد کاهش داد. در حالت عدم کاربرد میکوریزا نیز بیشترین مقدار این صفت (۱۱۹/۰۶ گرم بر مترمربع) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد که با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو در یک گروه آماری قرار گرفت و کمترین مقدار این صفت (۸۳/۵۸ گرم بر مترمربع) از کشت خالص کدو حاصل شد. کشت خالص کدو در مقایسه با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو ۲۹/۸۰ درصد عملکرد معادل کدو را کاهش داد (جدول ۶). نتایج تحقیقی نشان داد، در کشت مخلوط افزایشی جو با باقلا با افزایش درصد تراکم باقلا اگرچه عملکرد جو مقداری کاهش یافت، اما عملکرد کل افزایش یافت (Agegnehu et al., 2006).

در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا، کارایی مصرف آب به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت (جدول ۵). در گیاهان میکوریزایی، بیشترین کارایی مصرف آب (۲/۷۲ کیلوگرم بر میلی‌متر) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد. قابل ذکر است که بین این تیمار و کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو از نظر کارایی مصرف آب تفاوتی وجود نداشت. کمترین مقدار کارایی مصرف آب (۱/۴۹ کیلوگرم بر میلی‌متر) نیز از کشت خالص کدو به‌دست آمد. کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو

لوبیا با کدو و کشت خالص کدو حاصل شد. کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو در مقایسه با کشت خالص کدو کارایی مصرف نیتروژن را ۴۵/۲۹ درصد افزایش داد (جدول ۶). گزارش شده است که استفاده از لگومها در کشت مخلوط سبب تسهیل در جذب عناصر و افزایش کارایی آنها همچون نیتروژن و فسفر می‌شود (Szumigalski & Van Acter, 2006).

اجزای عملکرد و عملکرد دانه لوبیا چیتی

تعداد غلاف در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کشت قرار گرفت، ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد (جدول ۷). در گیاهان میکوریزایی بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۲/۱۲ غلاف در بوته) از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد و کمترین مقدار این صفت (۷/۴۸ غلاف در بوته) از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد، به‌طوری‌که این تیمار نسبت به کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو، تعداد غلاف در بوته را ۳۸/۲۸ درصد کاهش داد (جدول ۸). در حالت عدم کاربرد میکوریزا نیز بیشترین (۱۰/۸۷) و کم‌ترین (۶/۱۲) تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ و ۶۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد (جدول ۸). نتایج تحقیقی نشان داد که تلقیح نخود با باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته در مقایسه با گیاهان بدون تلقیح با باکتری شد (Rokhzadi et al., 2008). از نظر وزن ۱۰۰ دانه بین الگوهای کشت در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار وجود داشت (جدول ۷). به‌طوری‌که در حالت کاربرد میکوریزا، بیشترین وزن ۱۰۰ دانه (۳۲/۸۱ گرم) از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد، ولی این تیمار با کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو و کشت خالص لوبیا از نظر آماری تفاوت نداشت. کمترین مقدار این صفت (۲۴/۹۳ گرم) نیز از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد. این تیمار در مقایسه با کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو، وزن ۱۰۰ دانه را به‌میزان ۲۴/۰۲ درصد کاهش داد (جدول ۸). همچنین، در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا، عملکرد دانه لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر الگوهای کشت قرار گرفت (جدول ۷).

در گیاهان میکوریزایی، بیشترین عملکرد دانه (۲۶۵/۱۴ گرم بر مترمربع) از کشت خالص لوبیا به‌دست آمد و کمترین مقدار این صفت (۹۱/۵۵ گرم بر مترمربع) از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد، به‌طوری‌که در این تیمار در مقایسه با کشت خالص لوبیا، به‌علت تراکم کم لوبیا، عملکرد دانه لوبیا به‌میزان ۶۵/۴۷ درصد کاهش یافت. در گیاهان غیر میکوریزایی نیز بیشترین عملکرد دانه (۲۱۹/۵۲ گرم بر مترمربع) از کشت خالص لوبیا به‌دست آمد و کمترین مقدار این صفت (۷۲/۰۰ گرم بر مترمربع) از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد (جدول ۸). میزان تثبیت نیتروژن توسط لگومها با مقدار نیتروژن معدنی موجود در خاک رابطه معکوس دارد. قارچ‌های میکوریزا نیز با افزایش جذب عناصر غذایی، بهبود شرایط رطوبتی گیاه، افزایش فتوسنتز و افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی، تأثیر مثبتی بر همزیستی گیاه با ریزوبیوم دارند (Cardoso & Kuyper, 2006).

شاخص‌های سودمندی: نسبت برابری زمین (LER) و مجموع ارزش نسبی (RVT)

نسبت برابری زمین نشان‌دهنده کارایی کشت مخلوط در استفاده از منابع است و می‌تواند به‌صورت مستقیم میزان افزایش یا کاهش محصول در کشت مخلوط دو گونه را تعیین کند (Lithourgidis et al., 2011). در این آزمایش، حداکثر نسبت برابری زمین جزئی کدو (۰/۹۹ و ۰/۹۶) به‌ترتیب در گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد و بیشترین نسبت برابری زمین جزئی لوبیا (۰/۶۹ و ۰/۴۹) به‌ترتیب در گیاهان میکوریزایی و غیر میکوریزایی نیز از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد (جدول ۸). به‌طور کلی، نسبت برابری زمین جزئی در کدو بیشتر از لوبیا بود که می‌توان چنین استنباط نمود که کدوی پوست کاغذی گیاه غالب بوده و از کشت مخلوط با لوبیا چیتی اثر مثبت پذیرفته است. به عبارت دیگر، لوبیا چیتی محیط را به‌نفع کدو پوست کاغذی تغییر داده است که نشان از اثر مثبت لوبیا چیتی بر کدوی پوست کاغذی است. نسبت برابری زمین کل در اکثر تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی می‌باشد (جدول ۹).

جدول ۷- تجزیه واریانس اثر الگوی کشت بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد همزیستی لوبیا چیتی

Table 7- Analysis of variance for the effect of planting pattern on yield, yield components and sysbiosis percentage of bean

تلقیح با میکوریزا Inoculation with mycorrhiza (+M)		میانگین مربعات Mean of squares				
منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد غلاف در بوته Pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seed numbers per pod	وزن ۱۰۰ دانه Weight of hundred seed	عملکرد دانه Seed yield	درصد همزیستی Symbiosis percentage
تکرار Replication	2	13.77 ^{ns}	0.42 ^{ns}	47.34*	5567*	107.32*
الگوی کشت Planting pattern	3	15.48*	0.02 ^{ns}	47.05*	15175**	413.82**
خطا Error	6	2.95	0.16	6.37	1049	18.96
ضریب تغییرات CV (%)	-	17.82	14.17	8.18	18.21	7.33
عدم کاربرد میکوریزا (-M)		تعداد غلاف در بوته Pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seed numbers per pod	وزن ۱۰۰ دانه Weight of hundred seed	عملکرد دانه Seed yield	درصد همزیستی Symbiosis percentage
تکرار Replication	2	13.58*	0.08 ^{ns}	68.45*	6647**	2.88 ^{ns}
الگوی کشت Planting pattern	3	15.02**	0.03 ^{ns}	42.24*	13495**	1.69 ^{ns}
خطا Error	6	1.38	0.19	8.18	328	0.94
ضریب تغییرات CV (%)	-	14.25	16.08	11.03	15.05	16.68

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

ns, * and **: are non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 of probability level, respectively.

جدول ۸- مقایسه میانگین اثر الگوی کشت بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و درصد همزیستی لوبیا چیتی

Table 8- Mean comparison for the effect of planting pattern on yield, yield components and sysbiosis percentage of bean

میکوریزا Mycorrhiza	الگوی کشت PP	تعداد غلاف در بوته Pod numbers per plant	تعداد دانه در غلاف Seed numbers per pod	وزن ۱۰۰ دانه Weight of hundred seed (g)	عملکرد دانه Seed yield (g m ⁻²)	درصد همزیستی Symbiosis percentage
+M	00:100 (P:B)	7.96	2.71	32.00	265.14	44.92
	100:20 (P:B)	12.12	2.85	33.48	91.55	54.87
	100:40 (P:B)	11.01	2.95	32.81	184.74	70.17
	100:60 (P:B)	7.48	2.82	24.93	170.05	67.64
	LSD (%5)	3.43	ns	5.04	64.72	8.69
-M	00:100 (P:B)	6.68	2.74	28.24	219.52	4.98
	100:20 (P:B)	10.87	2.67	28.79	72.00	5.92
	100:40 (P:B)	9.31	2.85	26.09	98.51	6.79
	100:60 (P:B)	6.12	2.62	20.57	91.26	5.62
	LSD (%5)	2.35	ns	5.71	26.18	ns

ns: نشان‌دهنده عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.
ns: is non-significant at the 0.05 of probability level.

تنها در گیاهان غیر میکوریزایی و در کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو LER کمتر از واحد (۰/۹۱) بود که علت آن رقابت زیاد در اثر تراکم بالای لوبیا است. در واقع، در تیمار مشابه و در گیاهان میکوریزایی، هر چند LER در پایین ترین سطح است (۱/۰۷)، ولی این نتایج بیانگر این است که میکوریزا توانسته تا حدودی اثر رقابتی دو گونه را در حالت کاربرد ۶۰ درصد تراکم لوبیا، تعدیل کند و لذا در این تیمار نیز LER بیشتر از یک شده است. در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012)،

جدول ۹- نتایج شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط کدو و لوبیا تحت تأثیر تلقیح با میکوریزا
Table 9- Result of advantage indices of pepo and bean intercropping affected as mycorrhiza inoculation

Table 2. Result of advantage indices of pepo and bean intercropping affected as mycorrhiza inoculation												
الگوی کشت مخلوط Intercropping patterns		نسبت برابری زمین LER			نسبت رقابت CR			بازده نسبی تجمعی REI			مجموع ارزش نسبی RVT	
		کدو LERp	لوبیا LERb	کل LERt	کدو CRp	لوبیا CRb	لوبیا/کدو CRp/CRb	کدو REIp	لوبیا REIb	لوبیا/کدو REIp/REIb		
+M	100:20 (P:B)	0.99	0.34	1.33	22.00	9.91	2.22	2.13	1.45	1.49	1.44	
	100:40 (P:B)	0.92	0.69	1.61	21.36	14.40	1.48	2.15	1.52	1.42	1.83	
	100:60 (P:B)	0.58	0.49	1.07	18.09	16.39	1.10	1.72	1.65	1.05	1.23	
-M	100:20 (P:B)	0.96	0.32	1.28	19.56	8.89	2.20	1.93	1.35	1.44	1.41	
	100:40 (P:B)	0.79	0.49	1.27	18.46	12.70	1.45	1.87	1.50	1.26	1.44	
	100:60 (P:B)	0.51	0.40	0.91	15.57	15.82	0.98	1.46	1.60	0.93	1.06	
		ضریب ازدحام نسبی K			شاخص غالبیت AG		نسبت معادل زمان - سطح زیر کشت ATER	کارایی استفاده از زمین LUE	شاخص بهره‌وری سیستم SPI	شاخص بازگشت مالی MR		
		کدو Kp	لوبیا Kb	کل K	کدو AGp	لوبیا AGb				کدو MRp	لوبیا MRb	کل MR
+M	Monoculture	-	-	-	-	-	-	-	-	2535.5	3314.2	-
	100:20 (P:B)	4.06	2.65	6.71	0.93	-0.93	1.26	129.67	135.28	2508.0	1144.4	3652.4
	100:40 (P:B)	0.11	3.56	3.67	0.64	-0.64	1.47	154.27	163.46	2322.2	2309.2	4631.4
	100:60 (P:B)	0.85	0.55	1.4	0.28	-0.28	0.97	102.30	107.67	1467.0	1625.6	3092.6
-M	Monoculture	-	-	-	-	-	-	-	-	2064.5	2744.0	-
	100:20 (P:B)	0.34	2.16	2.50	0.90	-0.90	1.22	124.86	105.27	1983.4	900.0	2883.4
	100:40 (P:B)	1.54	1.45	2.99	0.59	-0.50	1.17	122.30	105.18	1620.0	1356.3	2976.3
	100:60 (P:B)	0.78	0.30	1.09	0.27	-0.27	0.83	87.18	77.27	1095.8	1140.8	2236.5

نسبت معادل زمان-سطح زیر کشت (ATER) و کارایی استفاده از زمین (LUE)

در صورتی که زمان تصرف زمین به وسیله گونه‌های شرکت‌کننده در کشت مخلوط متفاوت باشد، نسبت معادل زمان-سطح زیر کشت در مقایسه با نسبت برابری زمین شرایط ارزیابی بهتری را فراهم می‌نماید (Awal et al., 2007). این شاخص در حقیقت بیانگر کارایی تبدیل انرژی نورانی به شیمیایی می‌باشد. اگر $ATER > 1$ باشد نشان‌دهنده بازده بالا در استفاده از زمان و زمین است. در آزمایش حاضر، مقدار ATER در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا و تمام الگوهای کشت به‌جز کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو، کوچک‌تر از یک به‌دست آمد (جدول ۹). روند LUE مشابه ATER و LER بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار این شاخص در حالت کاربرد میکوریزا (۱۵۴/۲۷) از تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و در حالت عدم کاربرد میکوریزا از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد (جدول ۹). در نتایج تحقیقی درباره کشت مخلوط سیر و شمعدانی مشاهده کردند که بالاترین مقدار LUE از تیمار دو ردیف سیر + یک ردیف شمعدانی به‌دست آمد که دلیل آن را بالاتر بودن میزان LER و ATER در این تیمار نسبت به الگوهای مختلف کشت مخلوط بیان نمودند (Singh et al., 2013).

شاخص غالبیت (AG) و ضریب ازدحام نسبی (K)

اگر AG برابر صفر شود هر دو گیاه قدرت رقابتی برابر دارند و زمانی که AG یک گیاه کوچک‌تر از صفر شود، نشان‌دهنده غالب بودن آن گیاه بر گیاه دیگر و برعکس می‌باشد (Dhima et al., 2007). نتایج آزمایش نشان داد مقدار AG برای کدو در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا کوچک‌تر از صفر شد، ولی مقدار AG برای لوبیا کوچک‌تر از صفر به‌دست آمد (جدول ۹). بنابراین، کدو گیاه غالب بر لوبیا می‌باشد و لوبیا گیاه مغلوب یا تحت سلطه کدو است و همین امر سبب بیشتر شدن عملکرد کدو نسبت به لوبیا می‌باشد. در کشت مخلوط گندم دوروم و نخود نیز گندم گیاه غالب ($AG > 0$) و نخود گیاه مغلوب ($AG < 0$) گزارش شده است (Bedoussa & Justes, 2011). شاخص ضریب ازدحام نسبی نیز نشان‌دهنده غالبیت یک گونه نسبت به سایر گونه‌ها در کشت مخلوط است. در صورتی

سویا و همیشه بهار (Allahdadi et al., 2013) و زیره سبز و عدس (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014) نیز مقدار LER بالاتر از یک بوده است. از طرفی، در صورتی که مجموع ارزش نسبی در کشت مخلوط کوچک‌تر از یک باشد، نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط است. نتایج آزمایش نشان داد مجموع ارزش نسبی در تمامی تیمارها بیشتر از یک شد. در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا، بیشترین مقدار RVT از کشت مخلوط ۴۰ درصد لوبیا با کدو و کمترین مقدار نیز از کشت مخلوط ۶۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد (جدول ۸).

شاخص نسبت رقابت (CR) و بازده نسبی تجمعی (REIc)

نسبت رقابت ابزار مهمی به‌منظور شناخت درجه رقابت یک گونه گیاهی با دیگری است (Wahla et al., 2009). طبق نتایج این آزمایش، بیشترین نسبت رقابت کدو در هر دو حالت کاربرد (۲۲/۰۰) و عدم کاربرد میکوریزا (۱۹/۵۶) از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد. در حالی‌که، نسبت رقابت لوبیا در این تیمار در حداقل بود (۹/۹۱ و ۸/۸۹ به‌ترتیب در حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا) (جدول ۹). با توجه به نتایج به‌دست آمده که حاکی از نسبت رقابتی پایین‌تر لوبیا نسبت به کدو می‌باشد، می‌توان لوبیا را گیاهی مناسب برای کشت مخلوط با کدو معرفی کرد. از طرفی، اندازه‌گیری‌های متوالی از رشد گیاه در مقایسه با اندازه‌گیری واحد عملکرد نهایی می‌تواند به درک بهتر تعاملات رقابتی در کشت مخلوط و کشت خالص کمک کند و شاخصی مانند REIc می‌تواند در این امر مفید باشد (Andersen et al., 2004). حداکثر شاخص بازده نسبی کدو در حالت کاربرد (۲/۱۵) و عدم کاربرد (۱/۹۳) میکوریزا به‌ترتیب از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد. بیشترین مقدار شاخص بازده تجمعی برای لوبیا نیز در حالت کاربرد (۱/۶۵) و عدم کاربرد میکوریزا (۱/۶۰) از کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو به‌دست آمد (جدول ۸). نسبت شاخص بازده تجمعی کدو به لوبیا در تمامی تیمارها به‌جز کشت مخلوط افزایشی ۶۰ درصد لوبیا با کدو در حالت عدم کاربرد میکوریزا (۰/۹۳) کوچک‌تر از یک بود که این امر بیانگر رشد بیشتر کدو نسبت به لوبیا در طول دوره رشد می‌باشد.

به دست آمد. دلیل این امر به LER و LUE بالاتر این تیمارها برمی گردد. زمانی که LER و K بالاست، میزان SPI نیز بالاتر بوده و ثبات عملکرد سیستم بیشتر خواهد بود (Lithourgidis et al., 2011).

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد کاربرد میکوریزا به طور معنی داری صفات مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داد و در کل در صورت کاربرد میکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن مقدار این صفات در تیمارهای مشابه افزایش یافت. به نظر می رسد میکوریزا با بهبود شرایط خاک و محیط ریشه و همچنین تسهیل جذب آب و مواد غذایی منجر به جذب بهتر و بیشتر عناصر و به خصوص فسفر خاک شده، کارایی فوسفاتر گیاه را بهبود بخشیده و در نهایت، با افزایش توان گیاه اثر منفی تنش ناشی از رقابت را تعدیل می کند. در نتایج حاصل از بررسی سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص نیز تمامی این شاخص ها در صورت کاربرد میکوریزا برتر از عدم کاربرد آن بوده است که این نتیجه بیانگر این است که میکوریزا توانسته تا حدودی اثر رقابتی دو گونه را تعدیل کند. به طور کلی، با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش، تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و کاربرد میکوریزا به عنوان تیمار برتر انتخاب شد و به نظر می رسد این تیمار می تواند در جهت توسعه کشاورزی پایدار و حفظ سلامت اکوسیستم مورد توجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

هزینه این پروژه از محل گرنت تأمین شده است و بدین وسیله از دانشگاه بوعلی سینا همدان به منظور تأمین اعتبار این پژوهش سپاسگزاری می شود.

که در کشت مخلوط، مقدار K یک گونه کوچکتر از یک باشد، بیانگر برتری عملکرد آن گونه نسبت به گونه دیگر است. مطابق نتایج به دست آمده در حالت کاربرد میکوریزا، مقدار ضریب ازدحام نسبی جزئی کدو در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو کوچکتر از یک، (۴/۰۶) بود و در حالت عدم کاربرد میکوریزا نیز مقدار K در تیمار کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو کوچکتر از یک (۱/۵۴) به دست آمد. مقدار ضریب ازدحام نسبی لوبیا نیز در هر دو حالت کاربرد و عدم میکوریزا در کشت مخلوط افزایشی ۲۰ و ۴۰ درصد لوبیا با کدو کوچکتر از یک به دست آمد. مقدار ضریب ازدحام نسبی کل در تمامی تیمارها کوچکتر از یک شد که بیانگر سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به کشت خالص آن ها است. هر اندازه مقدار K کل کوچکتر باشد به این معنی است که هر دو گونه در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر دارند و در نتیجه آن کارایی کشت مخلوط افزایش خواهد یافت (Lithourgidis et al., 2011).

شاخص بازگشت مالی (MR) و بهره‌وری سیستم (SPI)

مطابق نتایج به دست آمده از این آزمایش، بیشترین بازگشت مالی کدو و لوبیا در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا از کشت خالص آن ها به دست آمد، ولی بیشترین بازگشت مالی کل در هر دو حالت کاربرد و عدم کاربرد میکوریزا از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو حاصل شد (جدول ۹). بنابراین، به نظر می رسد در این آزمایش بهترین الگوی کشت برای دستیابی به حداکثر سودمندی مالی، کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو می باشد. در کشت مخلوط نعنای و سویا نیز بیشترین و کمترین سودمندی مالی به ترتیب از کشت مخلوط و تک کشتی سویا ثبت شد (Amani Machiani et al., 2018). همچنین، بالا بودن شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) بیانگر افزایش کارایی سیستم کشت مخلوط است. با توجه به مقادیر به دست آمده (جدول ۹)، بیشترین میزان SPI، در گیاهان میکوریزایی از کشت مخلوط افزایشی ۴۰ درصد لوبیا با کدو و در حالت عدم کاربرد میکوریزا از کشت مخلوط افزایشی ۲۰ درصد لوبیا با کدو

References

- Aboutalebian, M.A., and Malmir, M., 2017. Effect of mycorrhiza and *Bradyrhizobium* on yield and yield components of soybean in different amounts of nitrogen fertilizer. Journal of Field Crop Science 4(48):901-9011. (In Persian with English Summary)

- 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.
- Alikhan, A., Jilani, G., Saleem Akhtar, M., Saqlan Naqvi, S.M., and Rasheed, M., 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: Occurrence, mechanisms and their role in crop production. *Journal of Agricultural and Biological science* 1: 48-58.
- Allahdadi, M., Shakiba, M.R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Amini, R., 2013. Evaluation of yield and advantages of soybean (*Glycine max* L. Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) intercropping systems. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 23(3): 47-58. (In Persian with English Summary)
- Al-Mefleh, N.K., Samarah, N., Zaitoun, S., and Al-Ghzawi, A., 2012. Effect of irrigation levels on fruit characteristics, total fruit yield and water use efficiency of melon under drip irrigation system. *Journal of Food Agriculture and Environment* 10(2): 540-545.
- Amani Machiani, M., Javanmard, A., Morshedloo, M.R., and Maggi, F., 2018. Evaluation of yield, essential oil content and compositions of peppermint (*Mentha piperita* L.) intercropped with faba bean (*Vicia faba* L.). *Cleaner Production* 171: 529-537.
- Andersen, M.K., Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E.S., 2004. Biomass production, symbiotic nitrogen fixation and inorganic N use in dual and tricomponent annual intercrops. *Plant and Soil* 266: 273-287.
- Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A., 2007. Interspecies competition, growth and yield in barley-peanut intercropping. *Asian Journal of Plant Sciences* 6(4): 577-584.
- 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 Agronomy* 24: 325-332.
- 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 Science* 4: 98-102.
- Bargaz, A., Zaman-Allah, M., Farissi, M., Lazali, M., Drevon, J.-J., Maougal, R.T., and Georg, C., 2015. Physiological and molecular aspects of tolerance to environmental constraints in grain and forage legumes. *International Journal of Molecular Science* 16: 18976-19008.
- Bastami, A., and Majidian, M., 2016. Effects of mycorrhiza, phosphatic biofertilizer on photosynthetic pigments and yield in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Plant Productions* 38: 49-60. (In Persian with English Summary)
- Bedoussac, L., Journet, E.P., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E.S., Prieur, L., and Justes, E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35: 911-935.
- Bedoussac, L., and Justes, E., 2011. A comparison of commonly used indices for evaluating species interactions and intercrop efficiency: Application to durum wheat-winter pea intercrops. *Field Crops Research* 124: 25-36.
- Brito, I., Michael Goss, J., and Carvalho M., 2008. Agronomic management of indigenous mycorrhizas. *Universidade de Evora, ICAM, Apartado 94: 7002 - 554.*
- Cardoso, I., and Kuyper M.T.W., 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 72-84.
- Connolly, J., 1987. On the use of response models in mixture experiments. *Oecologia* 72: 95-103.
- Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A., 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. *Field Crops Research* 100: 249-256.
- Fruhworth, G.O., and Hermetter, A., 2008. Production technology and characteristics of styrian pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 110: 637-644.
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M.N., Van Tuinen, D., Redecker, D., and Wipf, D., 2010. Agroecology: The key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza* 20: 519-530.
- Grigulis, K., Lavorel, S., Krainer, U., Legay, N., Baxendale, C., Dumont, M., Kastl, E., Arnoldi, C., Bardgett, R.D., Poly, F., Pommier, T., Schloter, M., Tappeiner, U., Bahn, M., and Clément, J.C., 2013. Relative contributions of plant traits and soil microbial properties to mountain grassland ecosystem services. *Journal of Ecology* 101: 47-57.
- Habibi, A., Heidari, G., Sohrabi, Y., Badakhshan, H., and Mohammadi, K., 2011. Influence of bio, organic and chemical fertilizers on medicinal pumpkin traits. *Journal of Medicinal Plants Research* 5(23): 5590-5597.
- Hamzei, J., 2012. Evaluation of yield, spad index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare*) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia*). *Journal of Crop Production and Processing* 2 (4): 79-92. (In

- Persian with English Summary)
- Hamzei, J., and Babaei, M., 2015. Effect of irrigation and nitrogen fertilizing on phenology, grain yield and oil of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) in Hamadan region. *Agricultural science and Sustainable Production* 2(25): 1-13. (In Persian with English Summary)
- Hamzei, J., and Salimi, F., 2014. Root colonization, yield and yield components of milk thistle (*Silybum marianum*) affected by mycorrhizal fungi and phosphorus fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 24(4): 87-94.
- Hashemzadeh, F., Mirshekari, B., Yarnia, M., Rahimzadeh Khoei, F., and Tarinejhad, A., 2014. Effect of bio and chemical fertilizers on yield, yield components and mycorrhizal colonization percent on common Dill (*Anethum graveolens* L.). *Journal of Crop Ecophysiology* 8(3): 257-270.
- Heidari, M., and Karami, V., 2014. Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 13(1): 9-13.
- Hosseini, S.H., Yousefzadeh, S., Yeritsayan, S., and Khodayar, H., 2016. Growth analysis and qualitative traits pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) Affected by application of chemical and organic fertilizers. *Journal of Plant production Research* 23(1): 131-155. (In Persian with English Summary)
- Justes, E., Bedoussac, L., Corre-Hellou, G., Fustec, J., Hinsinger, P., Jeuffroy, M.-H., Journet, E.P., Louarn, G., Naudin, C., and Pelzer, E., 2014. Les processus de complémentarité de niche et de facilitation déterminent le fonctionnement des associations végétales et leur efficacité pour l'acquisition des ressources abiotiques. *Innovations Agronomiques* 1-24.
- Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G., 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with Pfertilizer. *Bioresource Technology* 93: 307-311.
- Latati, M., Blavet, D., Alkama, N., Laoufi, H., Drevon, J.J., Gérard, F., Pansu, M., and Ounane, S.M., 2014. The intercropping cowpea-maize improves soil phosphorus availability and maize yields in an alkaline soil. *Plant and Soil* 385: 181-191.
- 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.
- Marzban, Z., Ameriyan, M.R., and Mamarabadi, M., 2014. Responses of agronomic characteristics of maize and Cowpea to mycorrhiza and Mesorhizobial Bacteria in intercropping. *Journal of Crop Ecophysiology* 8:165-180.
- Mohammadi, E., Asghari, H., and Gholami, A., 2014. Evaluation the possibility of utilization of bio fertilizer mycorrhiza in phosphorus supply in Chickpea cultivation (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 11(4): 658-665. (In Persian with English Summary)
- Moll, R.H., Kamprath, E.J and Jackson, W.A., 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* 74: 562-564.
- Naghizade, M., Ramroodi, M., Galavi, M., Siahsar, B., Heydari, M., and Maghsoodi, A.A., 2012. The Effects of various phosphorus fertilizers on yield and yield components of maize and Grass Pea intercropping. *Iranian Journal of Field crop science* 43(2):203-215. (In Persian with English Summary)
- Nazari-Nasi, H, Amirmia, R., and Zardashti, M., 2018. Effect of drought stress and biofertilizers on some physiological characteristics and grain yield of medicinal pumpkin plants. *Journal of Agricultural Crops Production* 20(1).
- Omidi, F., and Sepehri, A., 2015. Effect of sodium nitroprusside application on leaf area, growth and water use efficiency of kidney bean under water deficit stress. *Journal of Crops Improvement (Journal of Agriculture)* 16(4): 871-885. (In Persian with English Summary)
- Parsa, M., and Bagheri, A., 2008. Pulse. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press, Iran. 828 pp. (In Persian)
- Philips, J. M., and Hayman, D.S., 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of British Mycological Society* 55: 158-161.
- Rahmani, M., Zavareh, M., Hamidi, I., and Hoogenboom, G., 2017. Effect of planting date and density on yield and commercial qualities of hybrid seed production of maize (*Zea mays* L. Cv. SC 704). *Iranian Journal of Field Crop Science* 49(2): 93-103. (In Persian with English Summary)
- Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., and Banaei-Asl, F., 2014. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. *Journal of Agroecology* 5(4): 462-472. (In Persian with English Summary)

- Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R., 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. *Iranian Journal of Crop Sciences* 2: 217-230. (In Persian with English Summary)
- Rokhzadi, A., Asgharzadeh, A., Darvish, F., Nour-Mohammadi, G., and Majidi, E., 2008. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under field condition. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 3: 253- 257.
- Sepehri, A., and Karami, A., 2013. Integrative applications of chemical fertilizers and biofertilizers on grain yield and oil of *Borago officinalis* L. under water deficit stress. *Iranian Journal of Field Crop Science* 43(4): 691-699. (In Persian with English Summary)
- Singh, M., Singh, U.B., Ram, M., Yadav, A., and Chanotiya, C.S., 2013. Biomass yield, essential oil yield and quality of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) as influenced by intercropping with garlic (*Allium sativum* L.) under subtropical and temperate climate of India. *Industrial Crops and Products* 46: 234-237.
- Singh, N.V., Singh, S.K., Singh, A.K., Meshram, D.T., Suroshe, S.S., and Mishra, D.C., 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi. *Scientia Horticulturae* 136: 122–127.
- Snaydon, R.W., 1991. Replacement or additive design for competition studies. *Journal of Applied Ecology* 28: 930–946.
- Szumigalski, A.R., and Van Acker, R.C., 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. *Agronomy Journal* 98: 1030-1040.
- Wahla, I.H., Ahmad, R., Ehsanullah, Ahmad, A., and Jabbar, A., 2009. Competitive functions of components crops in some barley based intercropping systems. *International Journal of Agriculture and Biology* 11(1): 69-72.
- Willey, R.W., 1979. Intercropping its importance and research needs: Part I. Competition and yield advantage. *Field Crop Abstracts* 32: 1–10.
- Zegada-Lizarazu, W., Izumi, Y., and Iijima, M., 2006. Water competition of intercropped pearl millet with cowpea under drought and soil compaction stresses. *Plant Production Science* 9: 123–132.



Evaluation of Production Potential, Resources Use Efficiency, and Economical-Ecological Benefits of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Intercropped with Pepo (*Cucurbita pepo* L.) using Mycorrhiza

J. Hamzei^{1*} and S.F. Hosseini²

Submitted: 16-02-2019

Accepted: 15-01-2020

Hamzei, J., and Hosseini, S.F., 2021. Evaluation of production potential, resources use efficiency, and economical-ecological benefits of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped with pepo (*Cucurbita pepo* L.) using mycorrhiza. Journal of Agroecology 13(2):271-290.

Introduction

Demand for food in the world is likely to be nearly two times the current level by 2030, while the amount of new land for cultivating area is very limited (Marzban et al., 2014). Therefore, the design and implementation of systems with stability and performance are highly felt (Hosseini et al., 2016). In agriculture, there are different perspectives for imitation of nature, one example of which is sustainable agriculture. Intercropping is defined as a sustainable agricultural operation in which two or more species grow simultaneously during a season on a piece of land (Amani Machiani et al., 2018). By the way, the use of bio-fertilizers is a method to revive the natural flora of the soil and it is considered as a path to sustainable agriculture (Baqual & Das, 2006). Unfortunately, most conventional agricultural systems based on the high consumption of chemical fertilizers, are deprived of the benefits of coexistence of useful microorganisms with the plant, such as mycorrhiza coexistence. Therefore, it seems that using the intercropping and bio-fertilizer inoculation can be an effective step towards sustainable production in the agricultural lands.

Materials and Methods

The experiment was conducted as factorial mode based on a randomized complete block design with three replications at the research farm of the Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University. Using and non-using of mycorrhiza and 5 cultivation patterns including the pure crop of pumpkin, pure bean cultivation and additive intercropping of 20, 40 and 60% beans with pumpkin were the experimental treatments. The cultivation of both species was carried out on 9.3.2017. At the end of the growth period, harvest was done from each plot after removing the marginal effect, and oil percentage, oil yield, Pepo equivalent yield (PEY), water use efficiency (WUE) and nitrogen utilization efficiency (NUE), the percentage of root clonization, as well as the usefulness indices of the intercropping were measured. The data were analyzed by SAS9.1 and the means were compared using LSD test at a probability level of 5%.

Results and Discussion

The results indicated that the effect of crop pattern in both application and non-application of mycorrhiza were significant on the number of fruits per plant, seed weight, seed yield, oil yield, equivalent yield, water use efficiency and nitrogen use efficiency in pumpkin, as well as number of pods per plant, the weight of 100 seeds and grain yield of the bean. The percentage of oil in pumpkin and the percentage of root clonization in both plants were also significant in the case of mycorrhiza application. The highest amount of pumpkin equivalent yield, water use efficiency, and nitrogen use efficiency were obtained from additive intercropping of 40% bean with pumpkin under mycorrhiza application. The partial land equivalent ratio in the pumpkin was higher than that of bean, which can be concluded that the pumpkin cropping is influenced positively by the intercropping

1 and 2- Associate Professor and M.Sc. Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.

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

Doi: 10.22067/jag.v13i2.79212

with the bean. The highest values of land equivalent ratio (LER), relative value total (RVT) and Cumulative relative efficiency index (REIc) were obtained from 40% bean intercropped with pumpkin treatment. According to the results of CC, CR, and AG, it can be concluded that the bean is suitable for intercropping with pumpkin. ATER values of more than 1 were obtained in all treatments, except for the additive intercropping of 60% bean with pumpkin in both application and non-application of mycorrhiza. The highest amount of LUE and SPI in the case of application and non-application of mycorrhiza were obtained from additive intercropping of 40 and 20% bean with pumpkin, respectively, indicating the ability of the mycorrhiza to modify the competition of pumpkin with beans.

Conclusion

According to the results of this study it was indicated that in the case of mycorrhiza application, the amount of all traits in the same treatments increased, and the 40% bean intercropped with pumpkin together with the application of mycorrhiza was determined as the superior treatment, which could be considered for the sustainable agriculture development and maintaining the ecosystem health.

Keywords: Biofertilizer, Equivalent yield, Nitrogen use efficiency, Planting pattern, Water use efficiency



مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن

سمیه بدخشان^۱، مهدیه امیری نژاد^۲، عنایت‌الله توحیدی نژاد^۳ و بهاره پارسامطلق^{۴*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱

بدخشان، س.، امیری نژاد، م.، توحیدی نژاد، ع.، و پارسامطلق، ب.، ۱۴۰۰. ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۲۹۱-۳۰۵.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن باستان (cv. Bastan) و ارزن پیشاهنگ (cv. Pishahang)، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه نمونه در منطقه جیرفت، در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل ترکیب گیاه لوبیا تپاری با دو رقم ارزن پیشاهنگ و ارزن باستان و نسبت‌های اختلاط کشت مخلوط جایگزینی به نسبت‌های ۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ لوبیا تپاری-ارزن باستان، کشت خالص لوبیا تپاری، کشت خالص ارزن باستان، کشت خالص ارزن پیشاهنگ و همین نسبت‌های اختلاط لوبیا تپاری با ارزن پیشاهنگ و با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع، بودند. صفات عملکرد کل علوفه خشک، عملکرد علوفه کل تر، درصد خاکستر، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات‌های محلول در آب، درصد عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسیم مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد کل علوفه تر (۲۴۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کل علوفه خشک (با ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن باستان به‌دست آمد. هرچند بهترین صفات مورد بررسی از نظر کیفیت علوفه، در نسبت‌های مختلف اختلاط حاصل شد، اما برتری کشت مخلوط این گیاهان، نسبت به سیستم تک‌کشتی آن‌ها مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین درصد خاکستر، قابلیت هضم علوفه، کربوهیدرات‌های محلول در آب و میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از تیمارهای مخلوط، حاصل شد. بالاترین میزان عملکرد نسبی کل براساس عملکرد کل علوفه تر و خشک نیز از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن به‌ترتیب با میزان ۲/۲۷ و ۲/۱۶، به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خاکستر، عملکرد نسبی کل، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات محلول در آب

مقدمه

از آفات و بیماری‌ها و استفاده حداکثر از منابع آب و خاک شده است (Lithourgidis et al., 2011; Asgharipour & Rafiei, 2010). بر این اساس، انواع کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای غلات و لگوم‌ها به‌منظور توسعه سیستم‌های پایدار تولید غذا در سیستم‌های کشت با نهاده‌های خارجی محدود، دارای اهمیت بوده و این ترکیب یکی از معمول‌ترین انواع کشت مخلوط است که در مقایسه با کشت خالص این گیاهان، افزایش تولید ماده خشک و نیز افزایش کیفیت محصول را دربرخواهد داشت (Mandal et al., 2014). این نوع مخلوط، از سیستم‌های معمول کشت در نواحی گرمسیر، خشک و نیمه‌خشک جهان و از جمله ایران است که می‌تواند یک گزینه مناسب برای

امروزه کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای بسیار متداول بوده و کاربرد آن موجب افزایش کمی و کیفی علوفه، کاهش خسارت احتمالی ناشی

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، آگرواکولوژی، دانشگاه جیرفت، ایران.

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، ایران.

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.

*- نویسنده مسئول: (Email: bparsam@ujiroft.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v13i2.83847

وکیلی و همکاران (Zandvakili et al., 2012) بیشترین میزان قابلیت هضم علوفه لوبیا- سورگوم را از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ دو گیاه به‌دست آوردند.

بنابراین، براساس اهمیت زراعت گیاهان علوفه‌ای در اقتصاد ملی، یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش پایداری، امنیت غذایی، بهبود کیفیت محصولات و کاهش اثرات منفی در اکرواکوسیستم‌ها، به‌کارگیری کشت مخلوط، می‌باشد (Nasiri et al., 2015). علی‌رغم اثرات مفید کشت مخلوط، طراحی صحیح و انتخاب مناسب گیاهان موجود در مخلوط، به‌منظور حصول علوفه باکیفیت، از اهمیت خاصی برخوردار است (Fernandez-Aparicio, et al., 2010; Lithourgidis et al., 2011). بر همین اساس در این بررسی، گیاه ارزن (دارای سیستم فتوسنتزی چهار کربنه، کیفیت مطلوب علوفه و متحمل به کم‌آبی) به‌همراه گیاه لوبیا تپاری^۱ (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) انتخاب شدند. لوبیا تپاری، یکی از پنج گونه زراعی مهم جنس فازئولوس، مناسب کشت در مناطق خشک دنیا و توانمند در تثبیت نیتروژن با مسیر فتوسنتزی متفاوت نسبت به گیاه ارزن است (Chris, 2005). این گیاه از گذشته‌های دور به‌عنوان لوبیا محلی جیرفت کشت می‌شده است، اما باوجود ۱۴۷۰ هکتار سطح زیر کشت در منطقه، هنوز اطلاعات مستندی راجع به منشأ و چگونگی ورود آن به منطقه جیرفت، موجود نیست و اطلاعات مستند و نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای اندکی برای این گیاه به ثبت رسیده است (Madani et al., 2008). این پژوهش با هدف ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری و دو رقم ارزن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۵ در مزرعه نمونه واقع در شهرستان جیرفت با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، و ارتفاع ۶۲۵/۶ متر از سطح دریا، با اقلیم خشک، تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های ملایم اجرا گردید. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۳۰ تیمار و در سه تکرار، انجام شد. دو گیاه با تراکم مطلوب ۲۰ بوته در مترمربع و با فاصله بین ردیف، ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، در نظر گرفته شدند (Madani et al., 2010).

اصلاح عملکرد و کیفیت علوفه تولیدی، باشد زیرا علوفه غلات باوجود عملکرد ماده خشک زیاد، دارای مقدار کمی پروتئین است که باتوجه به هزینه‌های زیاد مکمل‌های پروتئینی، می‌توان از لگوم‌ها به‌دلیل داشتن پروتئین زیاد، استفاده نمود (Esmaili et al., 2011; Eskandari et al., 2009). از سویی، به‌منظور توسعه صنعت دامپروری کشور و پاسخگوی نیاز رو به رشد جامعه به فرآورده‌های پروتئینی، نیاز به رویکردی جدی به‌منظور تأمین علوفه باکیفیت دام، مقوله‌ای غیرقابل انکار است (Nazari et al., 2014). در واقع محدودیت عمده در سیستم‌های تولید محصولات دامی، هزینه خوراک است که در طول سال با نوسانات قیمت، روبروست (Shahraki & Barani, 2012). متأسفانه در ایران نیز توجه کمتر به تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای باکیفیت در مقایسه با سایر گیاهان زراعی از یک سو موجب کمبود گوشت و مواد لبنی و از سوی دیگر، باعث افزایش فشار دام بر مراتع و نهایتاً فرسایش خاک شده است (Javanmard et al., 2010). تأمین نیاز غذایی دام از لحاظ انرژی، پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها، جهت رسیدن به عملکرد مطلوب دام، امری ضروری است که فراهمی آن زمانی میسر است که کیفیت علوفه از لحاظ ترکیبات شیمیایی و جنبه‌های فیزیکی مورد مطالعه قرار گیرد (Javanmard et al., 2015). صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) نیز تولید محصول با کمیت و کیفیت مناسب را به‌عنوان یک چالش در مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی می‌کنند، هرچند کیفیت علوفه یا به‌عبارتی مجموع مواد تشکیل‌دهنده گیاهی مؤثر بر استفاده دام از غذا، یک تعریف نسبی است که به هدف تولید دامدار وابسته می‌باشد (Arzani, 2009). اما در هر حال، محققان، علوفه مطلوب را، علوفه‌ای با الیاف شوینده اسیدی کمتر، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب و درصد خاکستر بیشتر، معرفی کرده‌اند (Dahmardeh et al., 2009). بنابراین، می‌توان کشت مخلوط غلات و بقولات را یکی از انواع روش‌های مؤثر در تولید علوفه باکیفیت بالا، معرفی نمود، محققان در بررسی کیفیت علوفه کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Vigna radiata* L.)، بهبود کیفیت علوفه حاصل از کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گیاه را گزارش کردند (Dahmardeh & Rigi, 2013). در مطالعه ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، بالاترین میزان خاکستر از تیمار کشت مخلوط حاصل شد (Akhtar, 2010). همچنین زند -

به آرامی مقدار ۱۰ میلی لیتر اسید هیدروکلریک (دو مول در لیتر) اضافه شد. کروزه‌ها در حمام آب داغ با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد تا زمان خروج اولین بخارات سفید رنگ از نمونه‌ها قرار گرفتند، محتویات هر کروزه را به‌طور جداگانه از کاغذ صافی به داخل بالون ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری صاف کرده و به حجم رسانده شد (Emami, 1997). عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل AFP-100 و کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمیک مدل A-400 Analyst اندازه‌گیری شد و مقادیر آن‌ها بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گزارش شد. جهت ارزیابی کشت مخلوط نسبت به خالص، با استفاده از معادله ۱، میزان عملکرد نسبی کل محاسبه گردید (Ghanbari et al., 2010).

معادله (۱) $RYT = R_A + R_B$
 $R_B = Y_{BA} / Y_{BB}$ و $R_A = Y_{AB} / Y_{AA}$ که در آن Y_{AB} ، میزان عملکرد محصول گونه A در مخلوط با گونه B و Y_{BA} ، میزان عملکرد محصول گونه B در مخلوط با گونه A و Y_{AA} ، میزان عملکرد محصول گونه A در کشت خالص گونه A و Y_{BB} ، میزان عملکرد محصول گونه B در کشت خالص گونه B، است. تجزیه آماری داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 12 و Excel و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد کل علوفه خشک

عملکرد کل علوفه خشک، تحت تأثیر نوع رقم ارزن و نسبت‌های اختلاط با لوبیا تپاری قرار گرفت ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین مقدار عملکرد کل علوفه خشک تولیدی از رقم ارزن پیشاهنگ و از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری - ارزن به‌دست آمد. اثر متقابل نوع ارزن و نسبت‌های اختلاط نیز بر این صفت معنی‌دار شد ($p \leq 0.05$) (جدول ۱). بیشترین عملکرد کل علوفه خشک در تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری - ارزن باستان با افزایش ۱۲/۵۹ درصد نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری و ۸۷/۵۸ درصد نسبت به کشت خالص ارزن باستان و کمترین میزان عملکرد کل علوفه خشک در تیمار کشت خالص هر دو نوع رقم ارزن مشاهده شد (جدول ۲).

تیمارهای آزمایش شامل ترکیب لوبیا تپاری و دو رقم ارزن پیشاهنگ و باستان و نسبت‌های اختلاط کشت مخلوط جایگزینی (۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ لوبیا تپاری - ارزن باستان، کشت خالص لوبیا تپاری، کشت خالص ارزن باستان و همین نسبت‌های اختلاط لوبیا تپاری با ارزن پیشاهنگ)، بودند. ابعاد هر کرت آزمایش $3/5 \times 3/5$ متر انتخاب شد. کشت دو گیاه به‌طور همزمان به‌روش کشت مخلوط جایگزینی ردیفی به‌صورت دستی و در تاریخ‌های هفتم و هشتم اردیبهشت ۱۳۹۵، انجام گرفت. آبیاری مزرعه به‌صورت قطره‌ای بود که به‌توجه به شرایط منطقه و به‌منظور جلوگیری از تنش خشکی، تا زمان استقرار کامل بوته‌ها به‌صورت روزانه، سپس با رشد کانوپی و ایجاد سایه‌انداز، آبیاری هر هفت روز یک‌بار انجام می‌شد. در طول دوره رشد هیچ‌گونه مبارزه شیمیایی علیه آفات و بیماری‌ها صورت نگرفت و عملیات وجین علف‌های هرز در دو مرحله دو تا چهار برگی و اواسط رشد رویشی انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد علوفه، گیاهان از سطحی معادل یک مترمربع پس از اعمال اثر حاشیه‌ای، برداشت شدند. پس از برداشت علوفه و اختلاط با نسبت‌های مشخص نمونه‌های خشک شده آن‌ها، ۱۵-۱۰ گرم از اندام‌های هوایی گیاهان هر کرت آسیاب شده و سپس به‌کمک دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز^۱ اندازه‌گیری صفات کیفی علوفه شامل میزان خاکستر علوفه، قابلیت هضم ماده‌خشک^۲ و کربوهیدرات‌های محلول در آب^۳، انجام گرفت (Roberts et al., 2003). روش طیف‌سنجی اشعه مادون قرمز نزدیک، از روش‌های فیزیکی و غیرمخربی است که در آن هیچ‌گونه محلول شیمیایی به‌کار نرفته و علاوه بر ایمنی، دارای سرعت فوق‌العاده زیادی نیز است (Charehsaz et al., 2012). سیستم طیف‌سنج مادون قرمز مورد استفاده، سری اینفراماتیک ۴۸۶۲۰ شرکت پرتن با ۲۰ طول موج در دامنه ۲۴۰۰-۵۰۰ نانومتر بود. به‌منظور اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، آماده‌سازی نمونه‌های هر تیمار به‌روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCL، انجام شد بدین ترتیب، دو گرم از بافت گیاه درون کروزه چینی در کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰-۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت شش ساعت قرار گرفت. پس از سوختن کامل نمونه‌ها تا مرحله ایجاد پودر سفید رنگ، خاکستر حاصل در هر کروزه را با مقدار کمی آب مقطر، خیس کرده و سپس

1- Near Infra Red (NIR)

2- Dry matter digestibility (DMD)

3- Water soluble carbohydrate (WSC)

4- Informatics 8620

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت های کشت مخلوط لوبیا و ارقام ازن بر صفات مورد مطالعه
Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for intercropping ratios of bean and millet cultivars on studied traits

Relative yield total (based on forage yield)																
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد کل علوفه تر Total wet forage yield	عملکرد کل علوفه خشک Total dry forage yield	خاکستر Ash	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	پتاسیم K	علوفه تر لوبیا تشاری Wet forage of tepary bean	علوفه تر ارزن Wet forage of millet	علوفه خشک لوبیا تشاری Dry forage of tepary bean	علوفه خشک ارزن Dry forage of millet	علوفه تر کل Total wet forage	علوفه خشک کل Total dry forage
تکرار Replication	2	4756133	16043.90	0.85	11.56	0.39	0.016	0.046	0.000009	0.298	0.0052	0.118	0.0007	0.0620	0.1161	0.0526
رقم ارن Millet cultivar (C)	1	17313396**	817763.41**	2.55**	3.60 ^{ns}	0.95 ^{ns}	0.128**	0.153**	0.000000 ^{ns}	7.691**	0.0068 ^{ns}	0.0727 ^{ns}	0.0363*	0.0059 ^{ns}	0.0351 ^{ns}	0.0128 ^{ns}
نسبت اختلاط Intercropping ratio (I)	3	313604398**	13467640.01**	0.99**	84.09**	2.03**	4.041**	0.461**	0.00062**	7.222**	0.6305**	0.8354**	0.4200**	0.7268**	1.1700**	0.9907**
C× I	3	10840061**	325474.66*	0.39*	7.66*	1.09**	0.053**	0.106**	0.000003 ^{ns}	3.499**	0.0665**	0.0152 ^{ns}	0.0325*	0.0080 ^{ns}	0.1310 ^{ns}	0.0649 ^{ns}
خطا Error	18	1209908	75884.73	0.08	2.48	0.27	0.009	0.027	0.000062	0.115	0.0045	0.0566	0.0043	0.0235	0.0627	0.0288
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.25	9.38	2.93	2.76	4.90	5.12	7.38	8.40	8.55	8.89	23.60	9.48	14.98	14.15	9.87

*، ** و ^{ns}: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و غیر معنی دار
*، ** and ^{ns}: Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

جدول ۲ - مقایسه میانگین اثر متقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا تپاری و ارقام ارن بر صفات کمی و کیفی علوفه کل گیاهان
Table 2- Mean of comparisons of the interaction of intercropping ratio of tepary bean and millet cultivars on quantitative and qualitative traits of plants total forage

نسبت کاشت Intercropping ratio	عملکرد کل علوفه تر Total wet forage (kg.ha ⁻¹)	عملکرد کل علوفه خشک Total dry forage (kg.ha ⁻¹)	خاکستر Ash (%)	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)	قابلیت محلول در آب Water soluble carbohydrate (%)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	منیزیم Mg (%)
کشت خالص لوبیا تپاری Sole cropping Tepary bean	17870.5 ^{d*}	3929.4 ^{bc}	9.60 ^d	51.79 ^d	9.99 ^{cd}	2.343 ^e	2.569 ^a	2.506 ^{ab}
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری - ارن باستان 75:25 bean- Bastan millet	15415.3 ^e	2806.4 ^d	10.03 ^{bcd}	52.98 ^d	9.83 ^d	3.520 ^d	2.641 ^a	2.522 ^a
۵۰:۵۰ لوبیا تپاری - ارن باستان 50:50 bean- Bastan millet	24549.4 ^a	4495.1 ^a	10.52 ^{ab}	59.34 ^a	10.69 ^{bcd}	6.796 ^a	2.627 ^a	2.369 ^{ab}
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری - ارن باستان 25:75 bean- Bastan millet	10628.2 ^f	2065.0 ^e	10.96 ^a	58.93 ^{ab}	10.91 ^b	5.306 ^b	1.174 ^c	2.114 ^{cd}
کشت خالص ارن باستان Sole cropping Bastan millet	3503.3 ^g	778 ^f	10.99 ^a	59.87 ^a	10.61 ^{bc}	4.400 ^c	0.974 ^d	2.014 ^d
کشت خالص لوبیا تپاری Sole cropping Tepary bean	17870.5 ^d	3929.4 ^{bc}	9.60 ^d	51.79 ^d	9.99 ^{cd}	2.343 ^e	2.569 ^a	2.506 ^{ab}
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری - ارن پیشاهنگ 75:25 bean- Pishahang millet	20181.1 ^e	3794.5 ^c	9.53 ^d	55.95 ^c	11.08 ^b	3.350 ^d	2.586 ^a	2.200 ^{bcd}
۵۰:۵۰ لوبیا تپاری - ارن پیشاهنگ 50:50 bean- Pishahang millet	22447.8 ^b	4375.5 ^{ab}	10.31 ^{bc}	56.47 ^{bc}	10.33 ^{bcd}	3.513 ^d	2.164 ^b	2.253 ^{abcd}
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری - ارن پیشاهنگ 25:75 bean- Pishahang millet	13854.3 ^e	2697.5 ^d	9.82 ^{cd}	60.44 ^a	12.21 ^a	3.416 ^d	1.092 ^{cd}	2.316 ^{abcd}
کشت خالص ارن پیشاهنگ Sole cropping Pishahang millet	5210.0 ^g	808.2 ^f	9.92 ^{cd}	61.74 ^a	10.21 ^{bcd}	4.680 ^e	0.921 ^d	1.536 ^e

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test.
* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

به نظر می‌رسد به دلیل تفاوت‌های مورفولوژیکی لوبیا تپاری و ارزن و نیز تفاوت در نوع ارقام ارزن استفاده شده، نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری و ارزن باستان، عملکرد ماده خشک بیشتری نسبت به کشت خالص تولید کرده است. براساس بررسی محققان، بیشترین وزن خشک کل علوفه سویا (*Glucose max*) و ذرت (*Zea mays*) از کشت مخلوط و نسبت‌های مختلف اختلاط به‌دست آمد، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک علوفه کل از تیمار ۷۵:۲۵ ذرت-سویا حاصل شد که این تیمار از نظر آماری تفاوتی با تیمارهای کشت خالص ذرت و ۵۰:۵۰ ذرت-سویا نداشت (Baghdadi et al., 2016). در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) و تریتیکاله (*Lolium multiflorum*)، عملکرد کل علوفه خشک حاصل از کشت مخلوط ۵۰:۵۰ ماشک-تریتیکاله، نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. محققان افزایش عملکرد را به تولید برگ بیشتر حبوبات نسبت به غلات نسبت دادند (Budakli Carpici & Celik, 2014).

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار خاکستر علوفه

محتوی خاکستر علوفه شامل مواد معدنی لازم جهت تولید هورمون، آنزیم‌ها، ساخت بافت‌های گیاهی و بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیک گیاهی می‌باشند (Geren et al., 2008). لذا ارزش غذایی علوفه با خاکستر بیشتر، برای دام بیشتر است (Kheradmand et al., 2015). اثر نوع رقم ارزن، نسبت اختلاط ($p \leq 0.01$) و اثر متقابل آن‌ها بر میزان خاکستر علوفه معنی‌دار بود ($p \leq 0.05$) (جدول ۱). بیشترین درصد خاکستر، از تیمار ارزن باستان در مخلوط و از تک-کشتی ارزن و همچنین از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ و ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن، به‌ترتیب با ۱۰/۴۵، ۱۰/۴۱ و ۱۰/۳۹ درصد حاصل شد (جدول ۳). کمترین مقدار خاکستر نیز متعلق به تیمار ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن پیشاهنگ بود (جدول ۲). در برخی بررسی‌های صورت گرفته با مقایسه جداگانه میزان خاکستر هر یک از گیاهان خانواده غلات و بقولات موجود در مخلوط، با افزایش درصد غله، میزان خاکستر علوفه کاهش و در بقولات افزایش یافته است. در کشت مخلوط غلات و بقولات عموماً با افزایش میزان بقولات در ترکیب، روند کاهشی میزان خاکستر علوفه قابل مشاهده است که از جمله دلایل ذکر شده محققان می‌توان به استفاده بهتر غلات از منابع و عناصر غذایی در کشت مخلوط اشاره کرد (Pakgohar &

Ghanbari, 2014). به نظر می‌رسد در این پژوهش رقم باستان به دلایلی از قبیل قدرت رقابت بهتر در مخلوط و تولید برگ بیشتر، مواد معدنی بیشتری نسبت به رقم پیشاهنگ ذخیره کرده است. در بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت و ماش، تأثیر مثبت کشت مخلوط بر میزان خاکستر علوفه، گزارش شده است هرچند که در مجموع، میزان خاکستر علوفه ذرت بیشتر از ماش بود (Dahmardeh & Rigi, 2013). آسانجلا و گوین (Asangla & Gohain, 2016) نیز بالاترین میزان خاکستر را برای علوفه ذرت، از نسبت اختلاط ۱:۱ ذرت-لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آوردند. محققان دیگری به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد خاکستر علوفه را در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ جو-خلر، (عدم تفاوت آماری با تیمار کشت خالص جو) و کشت خالص خلر با میانگین ۱۰/۴۶ درصد مشاهده کردند (Kheradmand et al., 2015).

در مطالعه عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و خلر در شرایط کم‌آبایی، اثر هیچ یک از تیمارهای کشت مخلوط بر صفت درصد خاکستر معنی‌دار نشد (Dashtaki & Chaichi, 2012). اما بررسی خلعتبری و همکاران (Khalatbari et al., 2010) در کشت مخلوط افزایشی سورگوم و ارزن مرواریدی، کاهش درصد خاکستر علوفه را نشان داد که این نتیجه بیانگر اهمیت نوع گیاهان انتخابی در کشت مخلوط می‌باشد، زیرا پایین بودن میزان مواد معدنی موجود در غلات دانه‌ریز، عامل مؤثر در کم شدن میزان خاکستر علوفه حاصل از کشت مخلوط افزایشی این دو گیاه از خانواده غلات است (Ditsch & Bitzer, 2005). بنابراین، مخلوط غلات و بقولات اغلب منجر به تولید علوفه، با کیفیت بالا به‌دلیل افزایش پروتئین خام و درصد خاکستر می‌باشد (Ghanbari & Lee, 2003).

تأثیر کشت مخلوط بر قابلیت هضم ماده خشک علوفه

نتایج، نشان داد که اثر نسبت اختلاط و اثر متقابل آن با ارقام ارزن بر صفت قابلیت هضم ماده خشک، معنی‌دار شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بالاترین میزان قابلیت هضم ماده خشک از تک‌کشتی ارزن (با ۶۰/۸۱ درصد) به‌دست آمد که از نظر آماری با تیمار ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن تفاوت نداشت. همچنین کمترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک از تیمار تک‌کشتی لوبیا تپاری با ۵۱/۷۹ درصد، حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر کشت مخلوط لوبیا تپاری و ارقام ارزن بر صفات کیفی علوفه کل و شاخص عملکرد نسبی کل
Table 4- Mean of comparison of intercropping ratios of tepary bean and millet cultivars on qualitative traits of total forage and Relative yield total (RYT)

تیمار Treatment	عملکرد نسبی کل (براساس عملکرد علوفه) Relative Yield Total (based on forage yield)										
	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate (%)	کلسیم Ca (%)	منیزیم Mg (%)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	لوبیا تپاری Wet forage of tepary bean	علوفه تر ارزن Wet forage of millet	علوفه خشک لوبیا تپاری Dry forage of tepary bean	علوفه خشک ارزن Dry forage of millet	علوفه کل خشک Total dry forage
نسبت کاشت Intercropping ratio											
کشت خلص لوبیا تپاری Sole cropping tepary bean	9.60 ^a	9.99 ^b	2.57 ^a	2.51 ^a	0.045 ^c	2.34 ^d	-	-	-	-	-
۷۵:۷۵ لوبیا تپاری - ارزن 75:25 bean- millet	9.78 ^b	10.41 ^b	2.61 ^a	2.36 ^{ab}	0.057 ^b	3.43 ^c	0.860 ^b	0.578 ^b	0.7403 ^b	0.622 ^b	1.439 ^b
۵۰:۵۰ لوبیا تپاری - ارزن 50:50 bean- millet	10.41 ^a	10.51 ^b	2.39 ^b	2.31 ^{ab}	0.053 ^a	5.15 ^a	1.022 ^a	1.248 ^a	0.9351 ^a	1.227 ^a	2.270 ^a
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری - ارزن 25:75 bean- millet	10.39 ^a	11.56 ^a	1.13 ^c	2.21 ^b	0.069 ^a	4.36 ^b	0.397 ^c	1.198 ^a	0.4116 ^c	1.224 ^a	1.596 ^b
کشت خلص ارزن Sole cropping millet	10.45 ^a	10.42 ^b	0.95 ^d	1.77 ^c	0.068 ^a	4.54 ^b	-	-	-	-	-
ارقام ارزن در کشت مخلوط Millet cultivars of intercropping											
ارزن باستان - لوبیا تپاری Bastan cultivar- tepary bean	10.42 ^a	10.41 ^a	1.99 ^a	2.30 ^a	0.059 ^a	4.47 ^a	0.740 ^a	1.072 ^a	0.650 ^b	1.042 ^a	1.813 ^a
ارزن پیشاهنگ - لوبیا تپاری Pishahang cultivar - tepary bean	9.83 ^b	10.77 ^a	1.87 ^b	2.16 ^b	0.057 ^a	3.46 ^b	0.779 ^a	0.945 ^a	0.740 ^a	1.006 ^a	1.724 ^a

* Means in each column and for each component followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test.
در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

بالاترین میزان قابلیت هضم ماده خشک نیز از تیمار تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ و تیمارهای ۲۵:۷۵، ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن و نیز تک‌کشتی ارزن باستان و کمترین آن، در تک‌کشتی لوبیا تپاری و ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن باستان، مشاهده شد تیمار تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ (تیمار بالاترین میزان قابلیت هضم) حاوی ۱۵/۳۶ درصد افزایش نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری (تیمار کمترین قابلیت هضم) بود (جدول ۲).

قابلیت هضم ماده خشک علوفه یکی از مهم‌ترین صفات برای افزایش وزن‌گیری دام‌ها و تولید شیر می‌باشد (Hail et al., 2009; Coleman & Moore, 2003). بهبود و افزایش میزان آن، دریافت علوفه را برای دام حداکثر می‌نماید و کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله حیوان بهبود می‌بخشد (Dahmardeh et al., 2009). اما با وجود گزارش‌های متداول مبنی بر هضم‌پذیری بیشتر بقولات نسبت به غلات، تفاوت میزان هضم‌پذیری انواع بقولات نیز توسط برخی محققان گزارش شده است. محققان در بررسی کشت مخلوط بقولات و انواع غلات، به بالا بودن میزان قابلیت هضم غلات نسبت به برخی از بقولات، اشاره کرده‌اند که از دلایل آن کمتر بودن میزان لیگنین موجود در غلات مورد بررسی نسبت به لیگنین ماشک معمولی و در نتیجه، کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی این غلات می‌باشد (Lithourgidis et al., 2006). از دلایل مؤثر در ایجاد این شرایط می‌توان به بالا بودن میزان لیگنین موجود در چنین بقولاتی اشاره کرد که این نتیجه را برخی محققان نیز تأیید کرده‌اند (Buchanan et al., 2000; Carpita & McCann, 2000). همچنین باتوجه به مقادیر بالای الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی به‌دست آمده از علوفه حاصل از تیمار تک‌کشتی لوبیا تپاری و با توجه به آنکه میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، حاصل جمع مقدار لیگنین و سلولز است، به نظر می‌رسد کاهش میزان هضم-پذیری لوبیا تپاری نسبت به ارزن ناشی از بالا بودن میزان این صفت در این گیاه باشد. از سویی دیگر، باتوجه به مقدار کلسیم و منیزیم بیشتر در علوفه ارزن باستان نسبت به علوفه ارزن پیشاهنگ (جدول ۳) و در نتیجه، توانایی بالاتر ارزن باستان نسبت به ارزن پیشاهنگ در جذب این عناصر، خشبی‌تر بودن بافت این رقم ارزن نسبت به رقم پیشاهنگ، دور از ذهن نیست. در بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بر عملکرد و کیفیت علوفه، بالاترین میزان هضم-

پذیری علوفه در بین تیمارهای افزایشی و جایگزینی، در تیمار نسبت اختلاط ۱۰۰:۵۰ ذرت-لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد که این تیمار تفاوت آماری با تیمار تک‌کشتی ذرت و نسبت اختلاط ۱۰۰:۱۰۰، ۱۰۰:۵۰ و ۵۰:۵۰ لوبیا چشم‌بلبلی-ذرت نشان نداد (Dahmardeh et al., 2009). همچنین کمترین میزان قابلیت هضم ماده خشک نیز در کشت مخلوط ۷۵:۲۵ لوبیا چشم‌بلبلی-ذرت گزارش شده است هر چند که این تیمار با تیمار تک‌کشتی لوبیا چشم‌بلبلی تفاوت آماری نداشت، این نتایج می‌تواند ناشی از بالا بودن میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به ذرت، باشد، اما محققان دیگری در بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و سویا بر میزان ماده خشک و جذب عناصر غذایی علوفه، افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک علوفه با افزایش سویا در سیستم کشت مخلوط با ذرت را گزارش کردند که از دلایل آن به افزایش میزان غلظت پروتئین حاصل از افزودن سویا در مخلوط، اشاره شده است (Baghdadi et al., 2016).

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه

باوجود عدم تأثیر معنی‌دار رقم ارزن در مخلوط بر کربوهیدرات‌های محلول در آب، نسبت اختلاط و اثرمتقابل دو تیمار بر این صفت معنی‌دار شدند ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین و کمترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب به‌ترتیب از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن پیشاهنگ (۱۲/۲۱ درصد) و نسبت اختلاط ۲۵:۷۵ لوبیا تپاری-ارزن باستان با ۱۹/۴۹ درصد افزایش نسبت به یکدیگر حاصل شد (جدول ۳).

کربوهیدرات‌های محلول در آب نیز همچون قابلیت هضم، از مهم‌ترین اجزای کیفیت علوفه می‌باشند، زیرا این صفت نماینده مهم‌ترین منبع انرژی در جیره‌ی تمام شده است (Coleman & Moore, 2003). در بررسی عوامل متعدد مؤثر بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب، برخی محققان گزارش کردند غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب در گیاهان در فصل بهار بیشتر، در فصل تابستان کم شده و دوباره در فصل پاییز افزایش می‌یابد، اما این افزایش حدود نصف سطح قبلی آن در فصل بهار است (Volaire et al., 2005). از سوی دیگر، محتوی کربوهیدرات‌های محلول در آب،

تپاری-ارزن، با ۳۴/۷۸ درصد افزایش نسبت به تک کشتی لوبیا تپاری حاصل شد که تفاوت آماری با تک کشتی ارزن نداشت (جدول ۳). همچنین اثر نوع رقم ارزن بر میزان پتاسیم علوفه معنی دار شد ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین درصد پتاسیم از رقم باستان در ترکیب کشت مخلوط به دست آمد. نسبت اختلاط نیز تأثیر معنی داری بر میزان پتاسیم علوفه داشت. اثر متقابل این دو عامل نیز بر این صفت معنی دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین میزان پتاسیم موجود در علوفه از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن باستان حاصل شد که به ترتیب ۶۵/۵۳، ۳۵/۱۹ و ۳۱/۰۷ درصد افزایش، نسبت به تک-کشتی لوبیا تپاری، کشت خالص ارزن باستان و تک کشتی ارزن پیشاهنگ داشت. کمترین مقدار آن نیز در تیمار کشت خالص لوبیا تپاری مشاهده شد (جدول ۲).

میزان دسترسی به عناصر برای گیاهان، توسط عواملی از قبیل خواص بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و شیمیایی خاک و همچنین محیط ریزوسفر اطراف ریشه، تعیین می شود. بر اساس بررسی های انجام شده محققان، تلفیق غلات و بقولات را یکی از عوامل افزایش کیفیت علوفه از لحاظ مواردی از قبیل میزان عناصر معدنی معرفی کرده اند (Fageria et al., 2010). در کشت مخلوط، ترشحات ریشه دو گیاه با هم مخلوط شده و فراهمی عناصر در ریزوسفر افزایش می یابد (Marschner, 2011). آنچنان که افزایش pH ریزوسفر در اثر ترشحات ریشه خلر و در نتیجه، تأثیر این فرایند بر فراهمی فسفر برای گیاه ارزن، گزارش شده است (Pakgozar et al., 2014). به نظر می رسد با توجه به دلایلی مانند امکان وجود تفاوت ترکیبات مترشحه از ریشه انواع گیاهان، توانایی غلات در جذب بهتر عناصر تک ظرفیتی و سرعت پایین انتقال این عناصر توسط غلات به بخش های هوایی و در نتیجه، افزایش غلظت آن در شیره سلولی، بالا بودن میزان این عناصر در تیمارهایی با درصد بالای غلات، طبیعی باشد هر چند که میزان آن در تیمارهای دارای ارقام مختلف گونه های موجود در ترکیب، متفاوت است. محققان در مطالعه کشت مخلوط ذرت علوفه ای و گاودانه (*Vicia ervilia* L.) و لوبیا، گزارش کردند که با تغییر نظام کشت از تک کشتی ذرت به کشت مخلوط با گاودانه و لوبیا افزایش ۱۱/۷ و ۶/۹ درصد پتاسیم در ماده خشک ذرت نسبت به تک کشتی ذرت دیده شد، اما این تیمارها تفاوت آماری با تک-کشتی ذرت نداشتند و میزان سدیم موجود در ماده خشک ذرت تفاوت آماری با کشت مخلوط ذرت و گاودانه و لوبیا، نداشت (Najafi &

در اندام های مختلف متفاوت است و عموماً میزان آن در ساقه ۵۰ درصد بیشتر از برگ است. نوع لگوم نیز از دیگر عوامل مؤثر بر مقدار کربوهیدرات های محلول در آب است، زیرا براساس نتایج مختلف، در انواع بقولات مقادیر متفاوتی از کربوهیدرات های محلول، موجود می باشد. از دیگر عوامل نیز می توان به دما، شدت نور، عملکردهای مدیریتی مانند میزان مصرف کود نیتروژنه و نحوه بهره برداری آن اشاره کرد (Charehsaz et al., 2010). میزان این صفت در غلات به دلایلی چون نقش مؤثر آن در زنده ماندن پنجه های رویشی و افزایش طول عمر گندمیان عموماً بیشتر از بقولات است (Hoekstra & Schulte, 2007). در نتیجه، با افزودن غلات به بقولات علوفه ای و افزایش میزان آن در علوفه ای بقولات، امکان سیلو کردن بقولات فراهم می گردد. نکته قابل ذکر آن است که از عوامل مؤثر بر این صفت نیز نسبت برگ به ساقه در غلات است که با کاهش میزان آن مقدار این صفت افزایش می یابد. محققان در بررسی کشت مخلوط ارقام ذرت و ماش (*Vigna radiata* L.)، تأثیر نسبت اختلاط را بر این صفت معنی دار گزارش کردند که بیشترین میزان آن از تیمار ۷۵:۲۵ ذرت رقم ۲۶۰- ماش، به دست آمد (Dahmardeh & Rigi, 2013). نتایج بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا نیز نشان دهنده اثر مثبت کشت مخلوط در افزایش میزان کربوهیدرات های محلول در آب علوفه می باشد، محققان عامل وجود رابطه عکس بین میزان پایین پروتئین خام غلات با میزان کربوهیدرات های محلول در آب را گزارش نمودند (Baghdadi et al., 2016). به همین دلیل با افزودن غلات به بقولات در کشت مخلوط، افزایش میزان کربوهیدرات های محلول در آب در علوفه مخلوط، مشاهده می شود.

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار سدیم و پتاسیم علوفه

جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان، لازم است با به کارگیری روش های مختلف، جذب عناصر غذایی توسط گیاه زراعی تا حد امکان با کارایی بالا صورت گیرد، زیرا فراهمی عناصری چون کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر، برای رشد متعادل انواع دام های تغذیه کننده از علوفه مذکور، به اثبات رسیده است (Radwinska & Zarcynska, 2014). یکی از این روش ها، به کارگیری کشت مخلوط است که در این بررسی باوجود عدم معنی داری اثر رقم ارزن موجود در مخلوط بر میزان سدیم علوفه، اما نسبت اختلاط معنی دار بود ($p \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین درصد سدیم، از تیمار ۷۵:۲۵ لوبیا

منیزیم موجود در ماده خشک حاصل از مخلوط را در تیمار ۷۵:۲۵ جو-لوبیا، گزارش کردند (Reinhard et al., 2016). بنابراین، به نظر می‌رسد با توجه به تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان موجود در انواع کشت مخلوط، به‌طور کلی، جذب عناصر غذایی در سیستم کشت مخلوط بیشتر از کشت‌های خالص می‌باشد.

تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد نسبی کل علوفه

نوع رقم ارزن موجود در ترکیب بر میزان عملکرد نسبی کل علوفه تر و خشک حاصل از مخلوط، اثر معنی‌داری نداشت، اما نسبت-های اختلاط بر میزان عملکرد نسبی کل اثری معنی‌دار داشت ($P \leq 0.01$) (جدول ۱). باتوجه به مقادیر عملکرد نسبی کمتر از واحد در لوبیا تپاری و ارزن ($RYT < 1.0$)، در برخی از ترکیبات تیماری کشت مخلوط، سهم اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط از منابع محدود موجود، غیرهمسان و رقابت در بین اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط وجود دارد (جدول ۳). بیشترین علوفه تر و خشک لوبیا تپاری با توجه به اثر متقابل نسبت اختلاط و نوع رقم ارزن، از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن باستان ($RYT = 0.36$) به‌دست آمد، اما بیشترین شاخص عملکرد نسبی کل کشت مخلوط، به‌ترتیب $RYT = 1.02$ و $RYT = 0.93$ از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن باستان، حاصل شد (جدول ۳).

در این بررسی نیز با توجه به مقادیر عملکرد نسبی، به نظر می‌رسد کشت مخلوط این دو گیاه با وجود تفاوت‌های موجود در ساختار و دوره رشد آن‌ها سودمند باشد، زیرا مطابق این اصل که در مقادیر عملکرد نسبی بالاتر از یک، حالت مکملی در استفاده از منابع در بین اجزای مخلوط وجود دارد و در عملکرد نسبی برابر با دو، هیچ‌گونه رقابتی بین اجزای مخلوط وجود نداشته و استفاده از منابع محیطی، مکملی کامل را دارد (Javanmard et al., 2015). حصول عملکرد نسبی کل بالاتر از یک در دو تیمار ۷۵:۲۵ و ۲۵:۷۵ لوبیا تپاری-ارزن، بیانگر وجود حالت مکملی در استفاده از منابع است، هر چند که در تیمار ۵۰:۵۰ این دو گیاه، مقدار بالاتر از دو عملکرد نسبی کل، حالت مکملی کامل را نشان می‌دهد، گرچه در برخی از مقادیر عملکرد نسبی اجزای محاسبه شده، میزان به‌دست آمده کمتر از یک است، اما آنچه برای کشاورز دارای اهمیت است، میزان عملکرد نسبی کل به‌دست آمده از مخلوط و نه جزء مخلوط مؤثر در این افزایش محصول است. در ارزیابی فواید کشت مخلوط سورگوم و لوبیا مانگ

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار کلسیم و منیزیم علوفه

اثر نوع رقم ارزن موجود در مخلوط و نسبت اختلاط، بر درصد کلسیم موجود در علوفه معنی‌دار شد ($P \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین درصد کلسیم از رقم ارزن باستان و نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ به‌دست آمد که تفاوت آماری با تک‌کشتی لوبیا تپاری نداشت. اثر متقابل دو عامل نیز بر میزان این عنصر معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن، به‌ترتیب با افزایش ۶۳/۲۵ و ۶۵/۱۵ درصد نسبت به تک‌کشتی ارزن باستان و پیشاهنگ، از تیمار ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن باستان و کمترین آن از تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ حاصل شد (جدول ۲).

عنصر منیزیم تحت تأثیر رقم ارزن و نسبت اختلاط معنی‌دار شد ($P \leq 0.01$) (جدول ۱). بیشترین میزان این عنصر نیز از وجود رقم باستان و از تیمار تک‌کشتی لوبیا تپاری به‌دست آمد. اثر متقابل دو عامل بر میزان منیزیم علوفه معنی‌دار شد، بیشترین مقدار منیزیم از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری-ارزن باستان حاصل شد که این تیمار افزایش ۲۰/۰۷ و ۳۹/۲۸ درصدی، نسبت به تک‌کشتی ارزن باستان و پیشاهنگ داشت. (جدول ۲). افزایش جذب عناصر در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند با اثرات مکملی اجزای کشت مخلوط در جستجوی عناصر غذایی در طول پروفیل خاک به‌دلیل تفاوت در عمق توسعه ریشه و نیز متفاوت بودن نوع ترشحات ریشه انواع گیاهان، امکان‌پذیر شود (Radwinska & Zarcynska, 2014). همچنین انواع حبوبات، به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالای ریشه این گیاهان، قدرت رقابت بیشتری نسبت به غلات برای جذب عناصر دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) دارند، درحالی‌که غلات برای جذب پتاسیم و فسفر قدرت رقابت بیشتری داشته که به سیستم گسترده ریشه این گیاهان مرتبط می‌باشد (Lehman et al., 1998). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد، همین عوامل در فراهمی جذب بیشتر عناصر توسط گیاهان مؤثر بوده باشد، آنچنان‌که در تیمارهایی با نسبت بیشتر بقولات، جذب منیزیم و کلسیم افزایش یافته است. اسکندری و قنبری (Eskandari & Ghanbari, 2011) نیز اثر مثبت کشت مخلوط بقولات و غلات را در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبل، در افزایش جذب عناصر دو ظرفیتی، بیان کرده‌اند. پژوهشگران در بررسی میزان عناصر در علوفه حاصل از کشت مخلوط جو و نخود نیز، به‌ترتیب افزایش ۸/۷ و ۲۰/۴ درصدی میزان کلسیم و

کشتی نشان می‌دهد. کیفیت علوفه حاصل نیز تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفت، هر چند که این نتیجه در نسبت‌های مختلف اختلاط دو گیاه وجود داشت، اما در اکثر تیمارهای کشت مخلوط بیشترین درصد صفات کیفی علوفه از قبیل قابلیت هضم ماده خشک، خاکستر، کربوهیدرات‌های محلول و عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد نسبی کل در ارزیابی عملکرد کل علوفه خشک نیز از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن، به‌دست آمد. باتوجه به نتایج حاصل از این پژوهش، نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ دو گیاه لوبیا تپاری و ارزن، به‌منظور حصول عملکرد کل علوفه تولیدی و تأثیرپذیری بهتر ارزن از همراهی کشت مخلوط موردنظر، پیشنهاد می‌شود.

(*Vigna radiate* L.)، محققان، عملکرد نسبی کل را در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک گزارش کردند (Shaker-Koohi et al., 2014).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری و دو رقم ارزن نشان داد که، بالاترین میزان عملکرد کل علوفه خشک، از ترکیب کشت مخلوط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری-ارزن، به‌ترتیب با افزایش ۱۲/۵۹ و ۸۷/۵۷ درصد نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری و کشت خالص ارزن، حاصل شد که این نتیجه برتری کشت مخلوط این گیاه را از لحاظ عملکرد کل علوفه خشک نسبت به تک-

References

- Emami, A., 1997. Methods of plant decomposition. Ministry of Agriculture Jihad Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran.
- Akhtar, M.F., 2010. Agro-qualitative studies on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) sown alone and in mixture with forage legumes. M.Sc. Thesis, Department Agronomy, University Agriculture, Faisalabad, Pakistan.
- Arzani, H., 2009. Forage Quality and Daily Requirement of Grazing Animal. University of Tehran Press, Iran. 278 pp. (In Persian)
- Asangla, H., and Gohain, T., 2016. Effect of fodder yield and quality attributes of Maize (*Zea mays* L.)+Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping and different nitrogen levels. International Journal of Agricultural Science and Research 6:349-356.
- Asgharipour, M.R., and Rafie, M., 2010. Intercropping of isobgol (*Plantago ovata* L.) and lentil as influenced by drought stress. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 4: 341-348.
- Baghdadi, A., Halim, R.A., Ghasemzadeh, A., and Ebrahimi, M., 2016. Effect of intercropping of corn and soyabean on dry matter yield and nutritive value of forage corn. Legume Research 39(6): 976-981.
- Buchanan, B.B., Gruissen, M., and Jones, R.L., 2000. In: A.S. Lithourgidis, I.B. Vasilakoglou, C.A. Dordas, and M.D. Yiakoulaki., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research 99: 106-113.
- Budakli Carpici, E., and Celik, N., 2014. Forage yield and quality of common vetch mixtures with triticale and annual ryegrass. Turkish Journal Field Crops 19(1): 66-69.
- Bulson, H.A.J., Snaydon, R.W., and Stopes, C.E., 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. Journal of Agriculture Science 128: 59-71.
- Carpita, N., and Mc Cann, M., 2000. The cell wall. In: B.B. Buchanan, W. Gruissem and R.L. Jones. Biochemistry and molecular biology of plants. American Society of Plant Biologist, Maryland. USA. 108-252.
- Charehsaz, N., Ashraf Jafari, A., Arzani, H., and Azarnivand, H., 2012. Prediction of forage quality parameters in some range species by near infrared reflectance spectroscopy. Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi) 94: 45-54. (In Persian with English Summary)
- Charehsaz, N., Ashraf Jafari, A., Arzani, H., and Azarnivand, H., 2010. Changes of soluble carbohydrates in three species of *Dactylis glomerata*, *Bromus tomentellus* and *Agropyron intermedium* on intermedium in three phonological stages. Rangeland 4: 121-129. (In Persian with English Summary)
- Chris, A., 2005. Yield and nitrogen fixation response by drought tolerant tepary bean (*Phaseolus acutifolius* A. Gray Var. latifolius) in sole and maize intercrop systems in semi- arid southeast Kenya. Journal of Food Technology 3(3): 300-307.

- Coleman, S.E., and Moore, J.E., 2003. Feed quality and animal performance. *Field Crops Research* 84: 17-29.
- Dahmardeh, M., and Rigi, K., 2013. Evaluation of yield and forage quality in intercropping of maize (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiata* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 44(1): 159-168. (In Persian with English Summary)
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Ali Siah Sar, B., and Ramroudi, M., 2010. Effect of planting ratio and harvest time on forage quality of maize in maize-cowpea intercropping. *Iranian Journal of Crop Science* 1(3): 633- 642. (In Persian with English Summary)
- Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syasar, B., and Ramroudi, M., 2009. Effect of intercropping maize with cowpea on green forage and quality evaluation. *Asian Journal and Plant Science* 8(3): 235-239.
- Dahmardeh, M., 2013. Intercropping two varieties of maize (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.): Biomass yield and intercropping advantages. *International Journal of Accounting and Finance* 3:7-11.
- Daryaei, F., Chaichi, M.R., and Aghaalikhani, M., 2009. Evaluation of forage yield and quality in chickpea /barley intercropping. *Iran Journal Field Crop Science* 40:11-19.
- Dashtaki, M., and Chaichi, M.R., 2012. Intercropping of sorghum and chickling pea in limited irrigation regimes. *Iranian Journal of Crop Science* 43(2): 311-321. (In Persian with English Summary)
- Ditsch, D.D., and Bitzer, M.J., 2005. *Managing small grains for livestock forage*. Department of Agronomy. University of Kent. Available at: <http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr160/agr160.htm>.
- Eskandari, H., Ghanbari, A., and Javanmard, A., 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage Production. *Notulae Scientia Biologicae* 1(1): 7-13.
- Eskandari, H., and Ghanbari, A., 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 21: 67- 75. (In Persian with English Summary)
- Esmaili, A., Sadeghpour, A., Hosseini, S.M.B., Jahanzad, E., Chaich, M.R., and Hashemi, M., 2011. Evaluation of seed yield and compotation indices for intercropped barley and annual medic. *International Journal Plant Production* 5(4): 395-404.
- Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A., 2010. Growth and mineral nutrition of field crops. Third edit. CRC Press, Taylor and Francis Group, USA.
- Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D., 2010. Inter-cropping with berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) reduces infection by *orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection* 29: 867-871.
- Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B., 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. *African Journal Biotechnology* 7(22): 4100-4104.
- Ghanbari, A., and Lee, H.C., 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a whole-crop forage: Effect of harvest time on forage yield and quality. *Grass and Forage Science* 58(1): 28-36.
- Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A., 2010. The evaluation of ecophysiological characteristics of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. *Journal of Agroecology* 2(4): 556-564. (In Persian with English Summary)
- Hail, Y., Daci, M., and Tan, M., 2009. Evaluation of Annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding, yield and quality. *Journal Animal Advance* 8(7): 1337-1342.
- Hoekstra, N.J., and Schulte, R.P.O., 2007. Modeling the concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in grass herbage ingested by cattle under strip-grazing management. *Journal of Grass and Forage Science* 63(1): 22-37.
- Javanmard, A., Mohamadi Nasab, A.D., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H., Nasiri, Y., and Shekari, F., 2015. Evaluation of maize neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total digestible nutrients (TDN), dry matter intake (DMI) and net energy for lactation (NEL) in intercropping. *Journal of Crop Production and Processing* 4(14): 175-190. (In Persian with English Summary)
- Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi, A., Jvanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammad, H., 2010. Effects of maize intercropping with legumes on forage yield and quality. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production* 22(3): 137-151. (In Persian with English Summary)
- Kheradmand, S., Mahmodib, S., and Ahmadi, E., 2015. Quantitative and qualitative performance evaluation of green pea and barley forage intercropping. *Applied Field Crops Research* 27(105): 111-118. (In Persian with English Summary)
- Lehman J., peter, I., Steglich, C., Bebaner, G., and Huwe, Z., 1998. Below ground interaction in dry land agroforestry. *Forest Ecology and Management* 11:157-159.

- Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A., and Vlachostergios, D.N., 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. *Australian Journal Crop Science* 5: 396-410.
- Mandal, M. K., Banerjee, M., Banerjee, H., Pathak, A., and Das, R., 2014. Evaluation of cereal- legume intercropping systems through productivity and competition ability. *Australian Journal of Science Technology* 3: 233-237.
- Madani, H., Shirzadi, M.H., and Darini, F., 2008. Effect of plant density on yield and yield components of Vigna and Tepary local beans germplasm in Jiroft. *New finding in Agriculture*. 1: 93-104. (In Persian with English Summary)
- Marschner, P., 2011. *Marschners Mineral Nutrition of Higher Plants*. Third edition. University of Adelaide, Australia.
- McGrath, D., 1988. Seasonal variation in the water-soluble carbohydrates of perennial and Italian ryegrass under cutting conditions. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 27: 131-139.
- Najafi, N.A., and Mostafae, M., 2015. Improvement of corn plant nutrition by farmyard manure application and intercropping with bean and bitter vetch in a calcareous soil. *Journal of Soil Management and Sustainable Production* 5(1): 1-22. (In Persian with English Summary)
- Nasiri, B., Daraei Mofrad, A., and Hosseinian, S.H., 2015. Evaluation of qualitative and quantitative of forage in additive series intercropping of triticale and broad leaf vetch in dry land conditions. *Research in Crop Ecosystems* 2(2): 37-48. (In Persian with English Summary)
- Nazari, S., Zaeefrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., and Azami Sooran, S., 2014. Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(2): 237-245. (In Persian with English Summary)
- Pakgohar, N., and Ghanbari, A., 2014. Evaluation of competition and nutrient consumption of nutritive millet and green pea in intercropping. *Journal of Crops Improvement* 15: 137-150. (In Persian with English Summary)
- Pakgohar, N., Ghanbari, A., and Farahbakhsh, A., 2014. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of green pea (*Lathyrus sativus* L.) and nutritive millet (*Pennisetum* sp.) forage in different cultivation patterns. *Agroecology* 6(1): 108-117.
- Radwinska, J., and Zarczynska, K., 2014. Effects of mineral deficiency on the health of young ruminants. *Journal of Elementology* 19: 915-928.
- Rinhard, W., Wandther, N., and Kaul, H.P., 2016. Concentrations and uptake of macronutrients by oat and pea in intercrops in response to N fertilization and sowing ratio. *Archives of Agronomy and Soil Science* 62(9): 1235-1249.
- Roberts, C., Stuth, A.J., and Finn, P.C., 2003. NIRS applications in forages and feedstuffs. In: C. A. Roberts, J. Workman, J. Reeves. (Eds.), *Near Infra-spectroscopy in Agriculture*. Agronomy Monograph 321 p.
- Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaeili, A., Hosseini, M.B., and Hashemi, M., 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. *Field Crops Research* 148: 43-48.
- Shaker- Koochi, S., and Nasrollahzadeh, S., 2014. Evaluation of yield and advantage indices of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and mungbean (*Vigna radiata* L.) intercropping systems. *International Journal of Advanced Biological Biomedical Research* 2: 151-160.
- Shahraki, M.R., and Barani, H., 2012. Examining factors on destruction of Golestan province rangelands. *Journal Management System* 1(3): 59-78. (In Persian with English Summary)
- Tavakoli, A., Ghalavand, A., Moradi, A., Zare, A., and Najafi, A., 2012. Evaluation quality and quantity of forage in *Medicago sativa* and *Foeniculum vulgare* intercropping. In: *National Conference Natural Products and Medicinal Plants*, Bojnourd, Iran, 27-28 September 2012, p. 158.
- Volaire, F., Norton, M.R., Norton, G.M., and Leilievre, F., 2005. Seasonal patterns of growth, dehydrins and water soluble carbohydrates in genotypes of *Dactylis glomerata* varying in summer dormancy. *Journal of Annals of Botany oxford* 95(2): 981-990.
- Zandvakili, O.R., Allahdadi, I., Mazaheri, D., Akbari, G., Jahanzad, E., and Mirshekari, M., 2012. Evaluation of quantitative and qualitative traits of forage sorghum and lima bean under different nitrogen fertilizer regimes in additive- replacement series. *Journal of Agricultural Science* 4(6): 223-235.



Evaluation of Yield and Quality Forage in Intercropping Tepary Bean (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) and Millet Cultivars

S. Badakhshan¹, M. Amiri-Nejad², E. Tohidi-Nejad³ and B. Parsa Motlagh^{2*}

Submitted: 30-10-2019

Accepted: 21-01-2020

Badakhshan, S., Amiri-Nejad, M., Tohidi-Nejad, E., and Parsa Motlagh, B., 2021. Evaluation of yield and quality forage in intercropping Tepary bean (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) and millet cultivars. Journal of Agroecology 13(2):291-305.

Introduction

Intercropping agriculture is one of the pillars of sustainable agriculture that it has become popular in many countries for reasons such as increasing in the quantity and quality of agricultural products (Pakgohar & Ghanbari, 2014). Currently in Iran, because of the lack quality fodder, the development of the livestock industry requires a serious approach to animal feed, which seems to be very important planting of these crops with intercropping in sustainable agriculture (Nasiri et al., 2015). Intercropping cereals and legumes is one of the kind intercropping that based on the results, it can increase the quality of forage produced (Javanmard et al., 2015). The purpose of this study was determination the total yield and forage quality obtained from intercropped Tepary bean and two millet cultivars.

Materials and Methods

The field experiment was done in a randomized complete blocks design with 30 treatment and three replications in Jiroft during 2015-2016 growth season. The treatments included combination of Tepary bean (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) and two cultivars of millet (cv. Pishahang and cv. Bastan) and replacement intercropping ratio 75:25, 50:50, 25:75 Tepary bean- Bastan millet, sole cropping of Tepary bean, Bastan millet and the same intercropping ratio of Tepary bean and Pishahang millet. The two plants were cultivated simultaneously and manually. The intra rows and inter rows were 50 and 10 cm² respectively. The traits evaluated were dry forage yield, fresh forage, ash percentage, dry matter digestibility, water soluble carbohydrates, percentage of calcium, magnesium, sodium, and potassium. The total dry matter yield per plot was calculated from 1 m² and the forage quality traits of the dried and milled samples in each plot was measured using infrared spectrometer such as Acid detergent fiber (ADF), Dry matter digestibility (DMD) and Water soluble carbohydrate (WSC). The amount of Na and K of forage was determined in the extracts prepared from samples of each treatment by flame Photometer and The amount of Ca and Mg in the extracts was read by atomic absorption. Data analyses were conducted using SAS ver. 12 and analysis of means was done with the Duncan's test in significant at 5% probability level.

Results and Discussion

The results of this study showed that the highest total dry matter yield was obtained from 50:50 t of Tepary bean- Bastan millet (with 87.57 and 12.59% increasement than sole cropping of Bastan millet and Tepary bean, respectively) and the same ratio of Tepary bean and Pishahang millet. It seems that the better utilization of resources, morphological differences of plants and type of cultivar in intercropping system produced more dry matter yield than sole cropping. The most of Ash, DMD, WSC, Na, K, Ca and Mg, was obtained from

1-Former M.Sc. Student of Agroecology, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

2-Assistant Professor, Department of Agronomy, and Plant breeding, College of agriculture University of Jiroft, Iran.

3-Associate Professor, Department of Agronomy, and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

(*- Corresponding Author Email: bparsam@ujiroft.ac.ir)

Doi: 10.22067/jag.v13i2.83847

intercropping treatments. Also the highest Relative Yield Total (RYT) in evaluation of total dry forage yield was obtained from 50:50 Tepary bean- millet treatment (2.16). Highest level of competition was observed in the relative yield of total dry forage from 75:25 Tepary bean- millet (1.36). In evaluating the benefits of sorghum and bean mung bean intercropping, the researchers reported more than one relative yield total in all intercropping treatments (Shaker- Koohi et al., 2014).

Conclusion

According to the results of this study the highest total forage yield obtained from 50:50 Tepary bean- millet treatment. Also the quality traits of forage such as Ash, DMD, WSC and amount of Na, K, Ca and Mg were increased in intercropping treatments. Total RYT increased in 50:50 Tepary bean+ millet. Totally this result showed inter cropping of bean and millet was better than sole cropping and Therefore, it is possible to introduce intercropping of cereals and legumes as one of the effective methods for producing high quality forage.

Keywords: Ash, Dry matter digestibility, Relative yield total, Water soluble carbohydrate



مقاله علمی - پژوهشی

مدل‌سازی تأثیر کشت نشایی بر عملکرد و مصرف آب ذرت در شرایط محیطی گرگان

شیوا طاهری^۱، افشین سلطانی^{۲*}، بهنام کامکار^۳، محمد ناظری^۴ و احسان شاکری^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲

طاهری، ش.، سلطانی، ا.، کامکار، ب.، ناظری، م.، و شاکری، ا.، ۱۴۰۰. مدل‌سازی تأثیر کشت نشایی بر عملکرد و مصرف آب ذرت در شرایط محیطی گرگان. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۳۰۷-۳۲۴.

چکیده

کشت نشایی محصولات زراعی یکی از روش‌هایی است که برای بهبود مصرف آب و افزایش عملکرد معرفی شده است. از عوامل مؤثر بر موفقیت این روش می‌توان به اندازه گیاهچه و تاریخ کاشت اشاره نمود. در پژوهش حاضر، شبیه‌سازی تأثیر کشت بذری و چهار اندازه گیاهچه شامل (۱۳، ۱۶، ۱۹ و ۲۲ سانتی‌مترمربع در بوته سطح برگ) برای کشت نشایی ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در چهار تاریخ کاشت ۲۰ خرداد، ۴ تیر، ۲۳ تیر و ۵ مرداد در شرایط محیطی گرگان برای ۱۶ سال (۲۰۰۰-۲۰۱۵) با مدل SSM-iCrop2 انجام شد. در تاریخ کاشت ۲۰ خرداد، کشت نشایی در مقایسه با کشت بذری بین ۱۶ تا ۲۶ روز زودتر شد. اما کشت نشایی تأثیری بر عملکرد و مقدار نیاز خالص آبیاری نداشت (متوسط عملکرد ۱۳۳۱ گرم در مترمربع و متوسط نیاز خالص آبیاری ۴۳۵ میلی‌متر در هکتار). در تاریخ کاشت ۴ تیر کشت نشایی در مقایسه با کشت بذری باعث ۱۹ تا ۳۳ روز زودرسی محصول شد (برداشت زودتر) و مانند تاریخ کاشت ۲۰ خرداد تأثیری بر عملکرد و مقدار نیاز خالص آبیاری نداشت (متوسط عملکرد و نیاز آبی به ترتیب ۱۳۲۹ گرم در مترمربع و ۴۱۶ میلی‌متر در هکتار). در تاریخ کاشت ۲۳ تیر کشت نشایی با نشاهای بزرگ (سطح برگ ۱۹ و ۲۲ سانتی‌مترمربع در بوته) توانستند دوره رشد خود را قبل از ۱ آذر به اتمام برسانند (متوسط عملکرد ۱۲۷۳ گرم در مترمربع و متوسط نیاز آبیاری ۳۸۱ میلی‌متر در هکتار). لازم به ذکر است در تاریخ کاشت ۲۳ تیر، کشت بذری و کشت نشایی با گیاهچه کوچک (سطح برگ ۱۳ و ۱۶ سانتی‌مترمربع در بوته) نتوانستند تا ۱ آذر به مرحله رسیدگی کامل برسند و بنابراین، قابل توصیه نیستند. در تاریخ کاشت ۵ مرداد همه انواع کشت باتوجه به اینکه دوره رشد آن‌ها تا ۱ آذر تکمیل نشد، قابل توصیه نیستند. همچنین از نظر اقتصادی باتوجه به نتایج، نشاکاری سود بیشتری را حاصل نکرده و هزینه‌های بیشتری را در بر داشت.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، تولید، روش کشت، شبیه‌سازی، SSM-iCrop2

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی است به‌دلیل ویژگی‌های بسیار زیاد، از جمله قدرت سازگاری با شرایط اقلیمی گوناگون، بسیار زود در تمام دنیا گسترش یافت و مکان سوم را بعد از گندم و برنج، به‌ویژه از نظر سطح زیر کشت به خود اختصاص داد (Noor Mohammadi et al., 2010). این گیاه در گرگان به‌صورت تابستانه کشت می‌شود و به‌دلیل محدودیت منابع آبی، همواره با خطر کاهش قابل توجه تولید همراه است (Soltani et al., 2018). منابع آب در کشور محدود است. با افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی، الگوی کاشت محصولات تغییر می‌کند. به‌طوری‌که در سال‌های اخیر، سطح زیر کشت ذرت روندی

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
 - ۲- استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
 - ۳- استاد گروه زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
 - ۴- دانشجوی دکتری زراعت، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
 - ۵- دانش آموخته دکترای زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، ایران.
- (*) - نویسنده مسئول: Email: afshin.soltani@gmail.com
Doi: 10.22067/jag.v13i2.84053

دانه در بلال، کاهش تعداد و وزن دانه و نهایتاً کاهش عملکرد می‌گردد (Rahimi Moghaddam et al., 2015).

یکی از محققان در مطالعه خود که روش کشت بذری و نشاکاری ذرت در پنج سن نشا (۱۴، ۲۱، ۲۸، ۳۵ و ۴۲ روزه) را مورد بررسی قرار داد، نتیجه گرفت که کشت بذری و نشاهای با سن ۱۴ و ۲۱ روز میزان عملکرد مشابهی را تولید کردند. اما نشاکاری موجب زودرسی محصول نسبت به کشت بذری به مدت ۸ تا ۱۵ روز شد که این امر می‌تواند به فرار گیاه از تنش‌های احتمالی انتهای فصل کمک کند (Biswaz, 2008). طی یک بررسی دیگر بر روی سه تاریخ کاشت نشاکاری ذرت (۱۷ خرداد، ۱ تیر و ۱۶ تیر) و سه نوع کاشت (کشت بذری، نشا دو هفته‌ای و نشا سه هفته‌ای) گزارش شده است که تیمار نشای سه هفته‌ای در تاریخ کاشت اول دارای بیش‌ترین مقدار شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و در نتیجه، بالاترین عملکرد علوفه تر و خشک بود (Ghiasabadi et al., 2014).

انجام آزمایش‌های مزرعه‌ای جهت بررسی عواملی مانند تاریخ کاشت پرزحمت بوده و هزینه‌های زیادی دارد (Geerts & Raes, 2009). مدل‌های شبیه‌سازی گیاهی ابزارهای ارزشمندی هستند که می‌توان به کمک آن‌ها تأثیر عوامل مختلف مانند تاریخ کاشت (Anapali et al., 2005) و کشت نشایی (Gupta et al., 2012) بر عملکرد را مورد بررسی قرار داد و می‌توان برای برآورد میزان عملکرد، میزان آب و عنصرهای مورد نیاز گیاه در شرایط مختلف به کار گرفته شوند (Van Ittersum et al., 2003). مدل‌ها با استفاده از آزمایش‌های مختلف پارامتریابی و ارزیابی می‌شوند و می‌توان از آن‌ها برای سال‌ها و مکان‌های مختلف استفاده کرد (Soltani et al., 2019).

اطلاعات کمی در مورد پارامترهای گیاهی کشت نشایی جهت استفاده در مدل‌های شبیه‌سازی وجود دارد. هدف از این پژوهش برآورد پارامترهای مرتبط با کشت نشایی و استفاده از آن در مدل شبیه‌سازی گیاهی در جهت مقایسه کشت نشایی با کشت بذری در تاریخ کاشت‌های مختلف از نظر روز تا رسیدگی، عملکرد و مصرف آب در شرایط محیطی گرگان بود. همچنین در این پژوهش، مقرون به صرفه بودن کشت نشایی با توجه به هزینه بالای تولید نشای محصول پرتراکمی مانند ذرت، انتقال و در نهایت، هزینه کشت نشا نسبت به کشت مستقیم بذر در مزرعه مورد بررسی قرار گرفت.

کاهشی داشته است. در صورت بهینه‌سازی مصرف آب در بخش کشاورزی و افزایش کارایی مصرف آب در این بخش می‌توان به کاهش مصرف آب محصولات آبی مانند ذرت، امیدوار بود. کشت نشایی از راه حل‌های مطرح شده جهت کاهش نیاز آبی و افزایش محصول است. اظهار شده است کشت نشایی می‌تواند از طریق کاهش تعداد دفعات آبیاری نسبت به کشت معمول، منجر به کاهش مصرف آب شود (Zolfagharian et al., 2016). همچنین نتایج نشان داده است، نشاکاری ذرت به‌ویژه زمانی که گیاه در مرحله سبز شدن و استقرار در معرض خسارت پرندگان است، می‌تواند کارایی مؤثری از خود نشان دهد (Fanadzo et al., 2010; Oswald et al., 2001). محققین اعتقاد دارند کاهش عملکرد مزرعه ذرت بیشتر به دلیل تأخیر در کشت رخ می‌دهد که یکی از روش‌های حل این مشکل استفاده از تکنیک و روش کشت نشایی است که علاوه بر کاهش مصرف آب، مشکلات کاهش عملکرد را نیز برطرف خواهد نمود. در شرایط تأخیر در کشت ذرت و به‌ویژه کشت دوم در مناطق گرمسیری، استفاده از روش کشت نشایی می‌تواند یک تکنیک نوین قابل جایگزین باشد (Badran, 2001).

طی بررسی دو روش کشت نشایی و بذری بر روی ذرت گزارش شد که نشاکاری ذرت با کوتاه کردن طول دوره رشد در زمین اصلی باعث گل‌دهی زودتر شد و توانست به‌طور قابل توجهی موجب افزایش عملکرد محصول نسبت به کشت بذری گردد (Fanadzo et al., 2009). همچنین بیان شده است نشاکاری ذرت می‌تواند با افزایش بهره‌وری نور، موجب افزایش شاخص برداشت و عملکرد نسبت به کشت بذری شود (Sanchez Andonova et al., 2014).

تعیین تاریخ کاشت یکی از اساسی‌ترین جنبه‌های مدیریت زراعی می‌باشد. از آنجایی که تاریخ کاشت در هر منطقه آب‌وهوایی متفاوت است، بنابراین، وقوع تغییراتی را در روند رشد گیاه به همراه دارد (Tamaddon Rastegar & Amini, 2014). کاشت در تاریخ مناسب در مناطق مختلف، ضمن تأثیر بر رشد رویشی و زایشی گیاه، باعث افزایش بازدهی فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و ذخیره آن‌ها در دانه‌ها شده و افزایش عملکرد را سبب می‌گردد (Daneshian et al., 2008). مطالعه اثرات تاریخ کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت نشان می‌دهد که تأخیر در کاشت به سبب کاهش طول دوره رشد، نامناسب شدن شرایط دما طی دوره گرده افشانی، تلقیح و تشکیل دانه در بلال، موجب کاهش طول دوره رسیدگی، کاهش تعداد

مواد و روش‌ها

برای انجام این مطالعه، ابتدا یک آزمایش در گلخانه پلاستیکی (بدون کنترل دما و رطوبت) در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۷ انجام شد. سپس از نتایج حاصل از این آزمایش، برای شبیه‌سازی عملکرد ذرت در شرایط محیطی گرگان استفاده شد. آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. فاکتور اول تعداد بذر در هر خانه (یک بذر و دو بذر)، فاکتور دوم نوع سینی (تزیقی با ابعاد ۳۵×۵۰ و وکیوم با ابعاد ۲۰×۴۰) و فاکتور سوم زمان برداشت (۱۲، ۱۷ و ۲۲ روز پس از کاشت) بودند. برای تولید نشا در سینی از مخلوطی از خاک زراعی، ماسه و کود دامی (به ترتیب با نسبت ۱:۱:۳) استفاده شد. لازم به ذکر است که رقم مورد استفاده در این آزمایش سینگل کراس ۷۰۴ بود.

بعد از کشت، آبیاری سینی‌های نشا با استفاده از آبیاش باغبانی و با توجه به دمای هوا و خشکی سطح خاک، حداکثر تا سه مرتبه در روز انجام شد. در طول آزمایش، دمای حداقل و حداکثر، روزانه توسط دماسنج تعبیه شده در کنار سینی‌ها ثبت شد. نشاها در سه مرحله مختلف (۱۲، ۱۷ و ۲۲ روز پس از کاشت) از کف خاک قطع شده و سطح برگ و وزن خشک آن‌ها به تفکیک ساقه و برگ اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه Delta-T استفاده شد. جهت محاسبه وزن خشک برگ، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و وزن خشک آن‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم یادداشت شد.

واحد دمایی (TU) برای هریک از تیمارهای سن نشا در بخش آزمایش گلخانه‌ای، با استفاده از مدل SSM_{tu_calc} محاسبه شد (Soltani & Maddah, 2010). سپس مقادیر واحد دمایی تجمعی (CTU)^۱ و سطح برگ نشا به عنوان پارامترهای ورودی در مدل $SSM-iCrop2$ برای شبیه‌سازی کشت نشایی و بررسی روز تا رسیدگی، عملکرد (عملکردهای گزارش شده در این مقاله به صورت ماده خشک می‌باشد) و نیاز خالص آبیاری استفاده شدند.

مدل $SSM-iCrop2$ بر اساس آمار هواشناسی (دمای حداقل، دمای حداکثر، مقدار تابش و میزان بارندگی) و با استفاده از زیر مدل-های مربوط به فنولوژی، تغییرات سطح برگ، تولید و توزیع ماده

خشک و موازنه آب خاک، می‌تواند مراحل نمو فنولوژیک و عملکرد ذرت را محاسبه کند. در این مدل، مراحل فنولوژی براساس مفهوم واحد دمایی و مقدار رطوبت خاک پیش‌بینی می‌شود (Soltani & Sinclair, 2011). همچنین فرض شده است که کمبود عناصر غذایی وجود ندارد و آفات، بیماری‌ها و علف‌هرز نیز به طور مؤثر کنترل شدند و شبیه‌سازی در شرایط عدم محدودیت آب انجام شد. این مدل به گونه‌ای طراحی شده است که قابلیت استفاده برای تمامی گیاهان زراعی و باغی را دارد، به شرطی که برای مناطق مورد مطالعه، پارامتریابی و ارزیابی صورت گرفته باشد. این مدل برای ذرت، توسط فیاضی و همکاران (Fayazi et al., 2019) پارامتریابی شده و نتیجه ارزیابی آن نیز رضایت‌بخش بوده است، طوری که جذر میانگین مربعات خطا برحسب درصد از میانگین مشاهده شده برای عملکرد ۱۳٪ و برای نیاز آبیاری ۱۱٪ به دست آمده است. شوک گیاهی که گاهی گزارش شده است در مدل لحاظ نشد که این موضوع باعث شد از یکی از نواقص کشت نشایی صرف نظر گردد.

شبیه‌سازی کشت نشایی ذرت در چهار تاریخ کاشت شامل ۲۰ خرداد (زود هنگام)، ۴ تیر (معمول)، ۲۳ تیر (دیر) و ۵ مرداد (دیرتر) براساس داده‌های هواشناسی ایستگاه هاشم‌آباد گرگان برای ۱۶ سال (۲۰۱۵-۲۰۰۰) انجام شد. تاریخ انتقال نشاها به مزرعه و شروع شبیه‌سازی تولید براساس آزادسازی زمین از محصول پاییزه انتخاب شد. عمده‌تاً محصول پاییزه در استان گلستان گندم است، بنابراین، این تاریخ بر مبنای زمان برداشت گندم انتخاب شد. برای هر تاریخ کاشت شبیه‌سازی در شرایط کشت بذری (seed) و چهار حالت کشت نشایی با گیاهیچه دارای سطح برگ ۱۳ سانتی‌مترمربع در بوته و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_1)، سطح برگ ۱۶ سانتی‌مترمربع در بوته و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_2)، سطح برگ ۱۹ سانتی-مترمربع در بوته و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_3) و سطح برگ ۲۲ سانتی‌مترمربع در بوته و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_4) انجام شد.

با توجه به اینکه در گرگان، معمولاً بعد از ذرت اقدام به کاشت محصول پاییزه می‌شود، باید محصول تا ابتدای آذر ماه برداشت شود. بنابراین، در شبیه‌سازی تعریف شد که ذرت باید تا اول آذر از مزرعه خارج شده باشد که فرصت کافی برای کشت گیاه بعدی وجود داشته باشد. در هر تیمار، چنانچه دوره رشد طبیعی تا اول آذر تکمیل نمی‌شد، مدل دوره رشد گیاه را خاتمه می‌داد و عملکرد و سایر خصوصیات

تا این تاریخ در آنالیزها مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

برای شبیه‌سازی تولید ذرت توسط مدل SSM-iCrop2، تراکم هشت بوته در مترمربع (تراکم متداول منطقه) منظور شد. نوع خاک لوم رسی با عمق ۱۲۰ سانتی‌متر، ضرایب آلیدو معادل ۰/۰۵، فاکتور زهکشی معادل ۰/۲ و شماره منحنی برابر ۸۵، مقدار آب خاک در حالت اشباع ۰/۴۵۸ (میلی‌متر بر میلی‌متر) و مقدار آب در خاک پس از خروج آب ثقی ۰/۴۰۵ (ظرفیت زراعی، میلی‌متر بر میلی‌متر)، مقدار آب قابل دسترس گیاه ۰/۱۷۲ (میلی‌متر آب در یک میلی‌متر خاک) و مقدار آب خاک در نقطه پژمردگی دائم ۰/۲۳۳ (میلی‌متر آب در یک میلی‌متر خاک) بود. شرایط کشت در مدل آبی لحاظ شد و آبیاری وقتی کسر آب قابل دسترس خاک به کمتر از ۰/۵ کاهش می‌یافت، انجام می‌شد (Soltani et al., 2018).

برای مقایسه شاخص اقتصادی کشت نشایی و بذری هزینه‌های این دو نوع کشت به این صورت محاسبه شد که هزینه‌های کشت بذری شامل اجاره زمین، آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک، حمل کود و بذر و سایر عملیات)، کاشت شامل (تهیه بذر ضدعفونی شده و بذریابی با ردیف‌کار)، داشت (کود اوره، پتاسه، فسفات، ریزمغذی، هزینه کودپاشی، علف‌کش، حشره‌کش، سم‌پاش و اجاره سم‌پاش، آب بها، آبیاری، وجین، تنک، واکاری، هزینه‌های جاری و متفرقه)، برداشت (چاپر)، سود سرمایه در گردش و کشت نشایی شامل اجاره زمین، آماده‌سازی زمین (شخم، دیسک، حمل کود و بذر و سایر عملیات)، کاشت (کلیه هزینه‌های نشاکاری داخل گلخانه مثل تهیه خاک، سینی، چتایی، تهیه بذر ضدعفونی شده، کارگر کشت بذر در سینی، هرس هوا، کارگر نگهداری سینی‌های نشا تا انتقال، انتقال نشا به دستگاه، انتقال نشا از خزانه به زمین (کرایه)، کارگر دستگاه نشاکار، کود مایع و اوره، دستگاه نشاکار (اجاره)، انتقال آن به مزرعه با جرثقیل (رفت و برگشت) و استقرار نوار تیپ)، داشت (کود اوره، پتاسه، فسفات، ریزمغذی، هزینه کودپاشی، علف‌کش، حشره‌کش، سم‌پاش و اجاره سم‌پاش، آب بها، آبیاری، هزینه‌های جاری و متفرقه)، برداشت (چاپر) و سود سرمایه در گردش بود که با استفاده از پرسش‌نامه از کشاورزان و کارشناسان منطقه جمع‌آوری شد. مقدار درآمد ناخالص از حاصل ضرب عملکرد در قیمت هر واحد دانه ذرت به‌دست آمد. مقدار عملکرد محصول برای تیمار نشایی و بذری توسط مدل شبیه‌سازی شده بود. همچنین قیمت هر کیلوگرم ذرت دانه‌ای ۱۰۸۶ تومان در نظر گرفته شد (سازمان جهاد کشاورزی استان گلستان). مقدار درآمد

خالص برای هر نوع کاشت در تاریخ کاشت‌های مختلف، از اختلاف بین درآمد ناخالص و هزینه‌ها به‌دست آمد.

آنالیز آماری داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نرم‌افزار SAS (Soltani, 2007) انجام شد. تجزیه واریانس نیز به این صورت که سال به‌عنوان تکرار و کشت بذری و نشایی (S_1 , S_2 , S_3 , S_4) به‌عنوان تیمار برای هر تاریخ کاشت منظور شد، به‌طور جداگانه انجام شد. نمودارها نیز در نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

آزمایش گلخانه‌ای

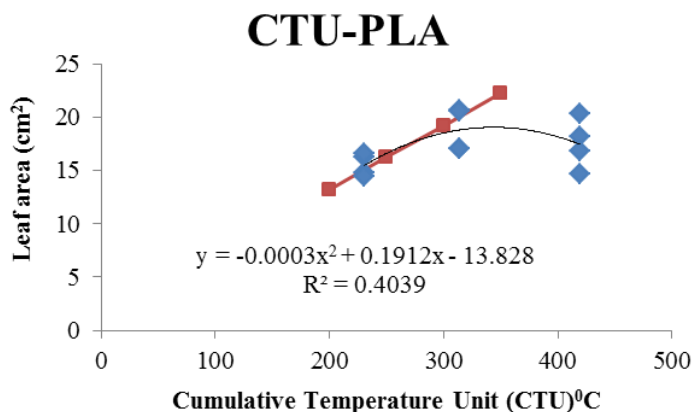
رابطه سطح برگ گیاهچه و واحد دمایی تجمعی برای کلیه تیمارهای آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود یک رابطه رگرسیونی درجه دو، تغییرات سطح برگ کلیه تیمارهای آزمایشی را در مقابل واحد دمایی توجیه می‌کند. اما مشاهده شد که سطح برگ تا واحد دمایی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته و پس از آن ثابت شده و کاهش پیدا کرد. از آنجایی که نگر داشت گیاهچه به‌مدت طولانی منطقی نیست از بخش اولیه این داده‌ها (واحد دمایی ۳۱۴ درجه سانتی‌گراد و کمتر) استفاده و یک رابطه خطی برازش داده شد. از این رابطه خطی برای انتخاب چهار مقدار سطح برگ گیاهچه و واحد دمایی در قسمت شبیه‌سازی استفاده شد که شامل نشا با سطح برگ ۱۳ سانتی‌مترمربع در بوته و ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_1)، سطح برگ ۱۶ سانتی‌مترمربع در بوته و ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_2)، سطح برگ ۱۹ سانتی‌مترمربع در بوته و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_3) و سطح برگ ۲۲ سانتی‌مترمربع در بوته و ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد دمای تجمعی (S_4) بودند.

شرایط محیطی

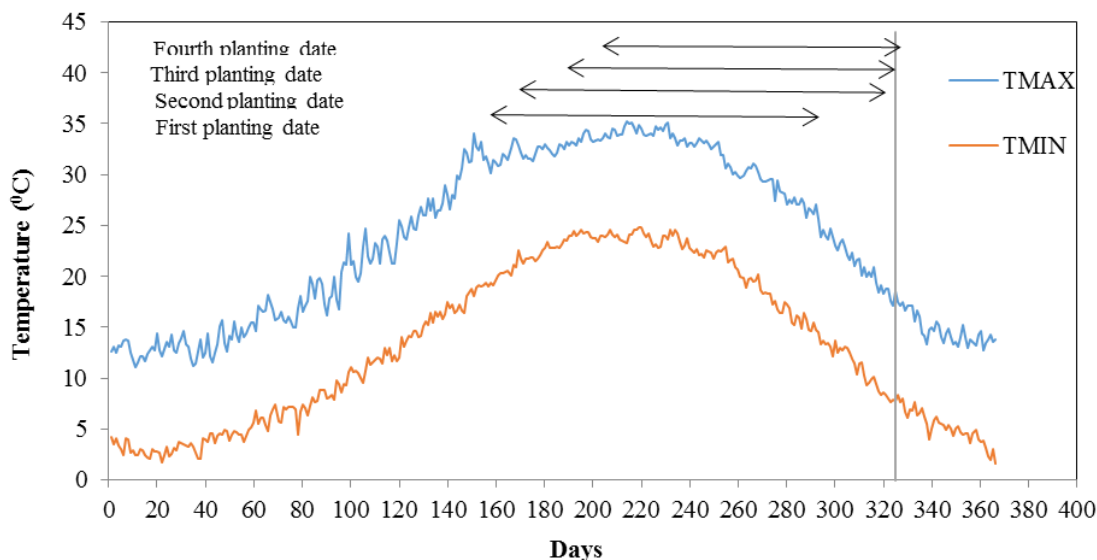
شکل ۲ نشان‌دهنده آمار دمای درازمدت گرگان است که شامل اطلاعات هواشناسی مورد نیاز مثل حداکثر و حداقل دمای هوا بوده که از ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد برای ۱۶ سال (۲۰۰۰-۲۰۱۵) جمع‌آوری شده است. میزان بارندگی سالانه گرگان حدود ۵۱۸/۲ میلی‌متر و میانگین کل دمای سالانه ۱۸/۳ درجه سانتی‌گراد بود. میانگین دمای روزانه در طول سال بین ۳ تا ۳۵ درجه متغیر بود. متوسط دما برای دوره رشدی ذرت حدود ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد و

گیاه ذرت باید در این تاریخ از مزرعه خارج شود تا در کشت گیاه بعدی (گندم) اختلال ایجاد نکند.

میزان بارندگی برای این دوره به‌طور میانگین حدود ۲۰۷ میلی‌متر بوده است. محدوده هر تاریخ کاشت توسط پیکان‌ها نشان داده شده است. خط عمودی، ۱ آذر را نشان داده که در این مطالعه فرض شد



شکل ۱- رابطه بین سطح برگ نشای ذرت با واحد دمایی تجمعی بر اساس اطلاعات به‌دست آمده از آزمایش گلخانه‌ای
Fig. 1- Relationship between seedling leaf area and CTU based on greenhouse experiment



شکل ۲- میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه از فروردین لغایت اسفند (۲۰۰۰-۲۰۱۵) - ایستگاه هواشناسی هاشم‌آباد
Fig. 2- Minimum and maximum temperature of weather station of Hashem Abad from March to February (2000-2015)

یک درصد و در تاریخ کاشت ۲۳ تیر (دیر)، در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). این درحالی است که در تاریخ کاشت ۵ مرداد (دیرتر) اختلاف بین کشت نشایی و کشت بذری معنی‌دار نبود. در ۲۰ خرداد دوره رسیدگی کشت بذری ۱۳۵ روز طول کشید، ولی در کشت نشایی تیمار S1 با ۱۱۹ روز بیش‌ترین طول دوره رسیدگی و

آزمایش شبیه‌سازی

روز تا رسیدگی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای روز تا رسیدگی شبیه‌سازی شده نشان داد که اثر نوع کاشت بر طول دوره رشدی ذرت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ خرداد (زود هنگام) و ۴ تیر (معمول)، در سطح احتمال

تاریخ ۲۳ تیر و تنها با استفاده از نشاهای درشت (S_3 و S_4) می‌توان اقدام به کشت ذرت کرد. گیاه ذرت به‌دلیل گرمادوست بودن و همچنین بالاتر بودن دمای هوا در تاریخ کاشت زود هنگام و معمول، دارای دوره رشد کوتاه‌تری نسبت به دو تاریخ کاشت دیگر بود که این کاهش دوره در اندازه گیاهچه‌های کوچک‌تر (S_3 و S_4) تأثیر بیشتری داشت، چون مقداری از رشد خود را در گلخانه گذرانده بود. طبق نتایج برخی از محققین در کشت نشایی، ذرت در حدود ۱۰ تا ۱۴ روز زودتر به مرحله ظهور گل تاجی رسید. بنابراین، در حدود ۱۰ روز فرصت زمانی بیشتر برای پر شدن دانه داشت و همین امر باعث می‌شود که دانه‌ها بهتر پر و وزن بلال و عملکرد دانه افزایش یابد (Yang & Yang, 1998).

تیمار S_4 با ۱۰۹ روز کوتاه‌ترین طول دوره رسیدگی را داشت. در ۴ تیر دوره رسیدگی کشت بذری ۱۴۷ روز به‌طول انجامید، اما در کشت نشایی تیمار S_1 بیش‌ترین طول دوره رسیدگی را با ۱۲۸ روز و تیمار S_4 با ۱۱۴ روز کوتاه‌ترین طول دوره رسیدگی را دارا بود. در نتایج شبیه‌سازی برای تاریخ کاشت ۲۳ تیر مشاهده شد که زمان برداشت برای تیمارهای کشت بذری و نشایی (S_1 و S_2) از اول آذر گذشت. بنابراین، در عمل این دو تیمار در تاریخ کاشت ۲۳ تیر قابل اجرا نبودند. اما دوره رسیدگی تیمار S_3 ۱۳۱ روز طول کشید که دقیقاً مصادف با اول آذر بود و تیمار S_4 نیز طی ۱۲۹ روز به رسیدگی رسیده بود (شکل ۳، جدول ۲). بنابراین، اگر به هر دلیلی کشت ذرت با تأخیر روبرو شد، فقط در

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت بر روز تا رسیدگی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت

Table 1- Analysis of variance for the effects of planting date on days to maturity, biological yield, seed yield and harvest index

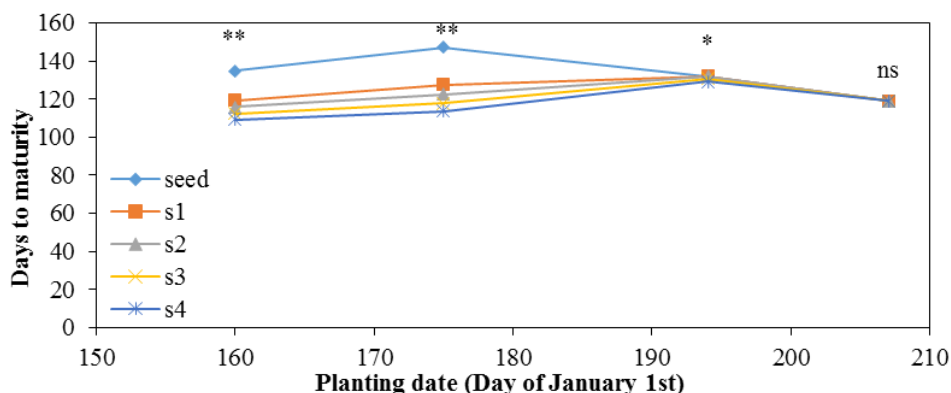
میانگین مربعات Mean of squares					
شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	روز تا رسیدگی Days to maturity	درجه آزادی d.f	
تاریخ کاشت اول First planting date					
نوع کاشت Planting type	473.92 ^{ns}	1327.76 ^{ns}	1589.63**	4	1.54 ^{ns}
خطا Error	3450.60	11428.32	26.48	75	1.008
تاریخ کاشت دوم Second planting date					
نوع کاشت Planting type	833.66 ^{ns}	1273.14 ^{ns}	2716.33**	4	0.10 ^{ns}
خطا Error	4730.47	82.15386	38.11	75	1.04
تاریخ کاشت سوم Third planting date					
نوع کاشت Planting type	650203.39**	208140.82**	21.95*	4	622.61**
خطا Error	12672.36	17041.20	6.90	75	10.78
تاریخ کاشت چهارم Fourth planting date					
نوع کاشت Planting type	685759.10**	526072.04**	0 ^{ns} **	4	815.98**
خطا Error	19057.83	25402.65	0	75	20.65

ns، غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

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

*: در تاریخ چهارم، به‌دلیل برخورد تاریخ برداشت به اول آذر روز تارسیدگی در انواع روش‌های کاشت یکسان بود.

": Since harvest time was occurred after 22 November for fourth planting date, days to maturity have been considered the same for all planting types.



شکل ۳- روز تا رسیدگی شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی (s1 و s2 و s3 و s4) و بذری (seed) در تاریخ کاشت‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۰۰)

Fig. 3- Simulated days to maturity for transplanting (s1, s2, s3, s4) and direct seeded (seed) treatments at different planting dates (2000-2015)

لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت ماقبل آخر تیمارهای seed، s1 و s2 باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

It is notable that due to impair of all treatments at fourth planting date and the treatments including direct-seeded, s1 and s2 at third planting date for next crop cultivation, these treatments are not recommended.

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

که نتایج این تحقیق با آزمایش‌های مذکور مطابقت دارد. زینالی (Zeinali, 2000) در بررسی سه تاریخ کاشت ۳ و ۲۰ تیر ماه و ۴ مرداد ماه در منطقه گرگان نتیجه گرفت که کاهش دمای هوا از میانه دوره رشد در تاریخ کشت ۴ مرداد سبب کاهش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد ذرت شده و در نتیجه، عملکرد محصول را کاهش می‌دهد.

مقدار نیاز خالص آبیاری

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین روش‌های کاشت از نظر مقدار آب آبیاری ذرت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ خرداد (زود هنگام)، ۴ تیر (معمول) و ۲۳ تیر (دیر) تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). دلیل این امر در قسمت دلایل عدم اختلاف بین کشت نشایی و بذری توضیح داده شده است. مقدار آب آبیاری در تاریخ کاشت زود هنگام ۴۳۴ میلی‌متر، تاریخ کاشت معمول ۴۱۶ میلی‌متر و تاریخ کاشت دیر (s3 و s4) حدود ۳۸۱ میلی‌متر بود (شکل ۵). کشت بذری و نشایی (s1 و s2) در تاریخ کاشت دیر و همه انواع کشت (بذری و نشایی s1 و s2 و s3 و s4) در تاریخ کاشت دیرتر، از اول آذر گذشته و بنابراین، قابلیت اجرایی نداشتند.

عملکرد دانه

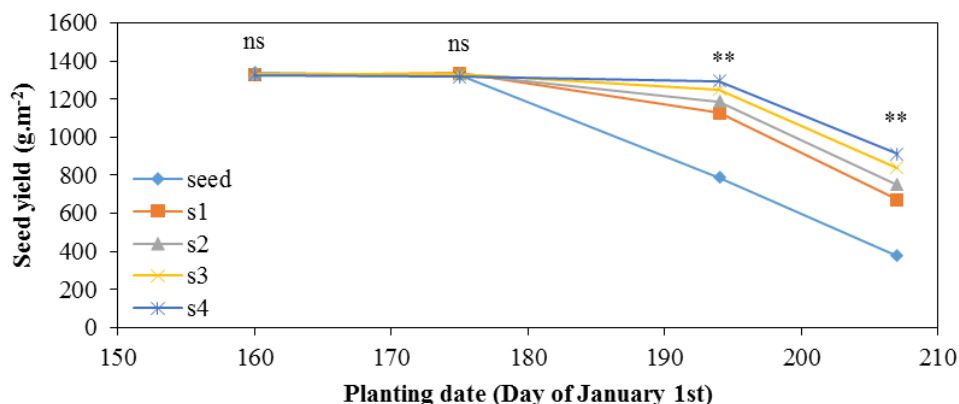
نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر نوع کاشت بر عملکرد دانه ذرت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ خرداد و ۴ تیر، معنی‌دار نبود. مقدار عملکرد در این دو تاریخ به طور میانگین حدود ۱۳۳۰ گرم در مترمربع بود. اما در تاریخ کاشت‌های ۲۳ تیر و ۵ مرداد، اختلاف بین کشت نشایی و کشت بذری در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در تاریخ کاشت ۲۳ تیر کشت بذری و نشایی (s1 و s2) باعث اختلال در کشت محصول بعدی شدند بنابراین، در عمل قابل اجرا و توصیه نیستند. اما تیمارهای کشت نشایی (s3 و s4) زودتر رسیده بودند و به ترتیب ۱۲۵۱ و ۱۲۹۵ گرم در مترمربع عملکرد تولید کرده و قابل توصیه هستند (شکل ۴). در تاریخ کاشت ۵ مرداد هیچ کدام از تیمارها نتوانستند رشد و نمو خود را قبل از اول آذر به اتمام برسانند. برخی از محققین علت کاهش عملکرد ذرت را با تأخیر در تاریخ کاشت این گونه تفسیر می‌نمایند که دماهای پایین نیز در مرحله ظهور گل آذین نر و ماده و مراحل بعدی رشد، بر عملکرد تأثیر منفی دارد و به عنوان مثال در دماهای پایین انتقال آسیمیلات‌ها به سوی دانه‌های در حال رشد با سرعت کمتری انجام می‌گیرد (Hashemi, 2001; Dezfouli et al., 2001). محققین دیگر نیز به کاهش عملکرد ذرت در اثر تأخیر در کاشت اشاره کرده‌اند (Mokhtarpour et al., 2007).

جدول ۲- مقادیر روز تا رسیدگی و تاریخ برداشت برای انواع کشت در تاریخ کاشت‌های ۲۰ خرداد، ۴ تیر، ۲۳ تیر و ۵ مرداد و بررسی ایجاد اختلال در هر یک از آنها

Table 2- Days to maturity and harvest date for different planting types at planting dates of 9th June, 24th June, 13th July and 26th July and evaluating the impair in each of them.

تاریخ کاشت Planting date	نوع کاشت Planting type	روز تا رسیدگی Days to maturity	تاریخ برداشت Harvest date	روز برداشت (میلادی) Harvest day (AD)	اختلال Impair*
۲۰ خرداد 9 th June	بذری Seed	135	۱ آبان 23 Oct	295	خیر No
	نشایی ۱ S ₁	119	۱۵ مهر 7 Oct	279	خیر No
	نشایی ۲ S ₂	116	۱۲ مهر 4 Oct	276	خیر No
	نشایی ۳ S ₃	113	۹ مهر 1 Oct	273	خیر No
	نشایی ۴ S ₄	109	۵ مهر 27 Sep	269	خیر No
	بذری Seed	147	۲۸ آبان 19 Nov	322	خیر No
	نشایی ۱ S ₁	128	۹ آبان 31 Oct	303	خیر No
۴ تیر 24 June	نشایی ۲ S ₂	122	۳ آبان 25 Oct	297	خیر No
	نشایی ۳ S ₃	118	۲۹ مهر 21 Oct	293	خیر No
	نشایی ۴ S ₄	114	۲۵ مهر 17 Oct	289	خیر No
	بذری Seed	132	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۱ S ₁	132	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۲ S ₂	132	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
۲۳ تیر 13 th July	نشایی ۳ S ₃	131	۱ آذر 22 Nov	325	خیر No
	نشایی ۴ S ₄	129	۲۹ آبان 20 Nov	323	خیر No
	بذری Seed	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۱ S ₁	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۲ S ₂	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۳ S ₃	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
۵ مرداد 26 th July	نشایی ۴ S ₄	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	بذری Seed	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۱ S ₁	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes
	نشایی ۲ S ₂	119	۲ آذر 23 Nov	326	بله Yes

اختلال در کشت محصول بعدی*
impair in sowing of next crop



شکل ۴- عملکرد شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی (s1 و s2 و s3 و s4) و بذری (seed) در تاریخ کاشت‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۲۰)
 Fig. 4- Simulated yield (g.m⁻²) for transplanting (s1, s2, s3, s4) and direct seeded (seed) treatments at different planting dates (2000-2015)

لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت ماقبل آخر تیمارهای seed، s1 و s2 باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

It is notable that due to impair of all treatments at fourth planting date and the treatments including direct-seeded, s1 and s2 at third planting date for next crop cultivation, these treatments are not recommended.

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

دارای گیاهچه‌هایی با سطح برگ کوچک‌تر و رشد بیشتری بودند بنابراین، تعرق بیشتر داشته و منجر به افزایش مصرف آب در ابتدای فصل رشد شدند. در مقابل، کشت بذری در مقایسه با کشت نشایی در انتهای فصل رشد، سطح برگ کوچک‌تر و رشد بیشتری داشت. از طرفی دیگر، با تأخیر در زمان رسیدگی در کشت بذری نسبت به کشت نشایی، گیاه در انتهای فصل با دماهای خنک‌تر و بارندگی‌های پاییزه برخورد کرد که این موضوع باعث کاهش تعرق و کاهش نیاز آبی کشت بذری در انتهای فصل رشد نسبت به کشت نشایی شد که این دلایل، علت عدم معنی‌داری صفت عملکرد و مقدار آب آبیاری در کشت بذری و نشایی می‌باشد (شکل ۵، ۶ و ۷).

ارزیابی اقتصادی

با توجه به هزینه بالای تولید نشای گیاهان پرتراکم مثل ذرت و هزینه بالای انتقال و کاشت نشا نسبت به کشت مستقیم بذر، مقرون به صرفه بودن کشت نشایی بایستی بررسی گردد. ارزیابی اقتصادی داده‌های مربوط به کاشت، داشت و برداشت در سال ۹۷ انجام شد. لذا با فرض ثابت بودن قیمت محصول در بازار برای هر دو نوع کاشت و بر اساس تولید هر کیلوگرم محصول در هکتار، شاخص‌های اقتصادی شامل درآمد ناخالص، درآمد خالص و سود سرمایه در گردش با استفاده از معادلات زیر محاسبه گردید.

برخلاف نتایج به دست آمده در این مطالعه، برخی از محققین در بررسی و مقایسه بهره‌وری آب در کشت نشایی و بذری ذرت در رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه خراسان نتیجه گرفتند که کشت نشایی ذرت علاوه بر افزایش عملکرد بلال سبب کاهش حجم آب مصرفی نیز شد و این باعث افزایش بهره‌وری مصرف آب در کشت نشایی شده است (Zolfaghara et al., 2016). همچنین فانادزو و همکاران (Fanadzo et al., 2010) و اسوالد و همکاران (Oswald et al., 2001) امکان صرفه‌جویی در مصرف آب را در کشت نشایی گزارش کردند.

دلایل عدم اختلاف بین کشت نشایی و بذری

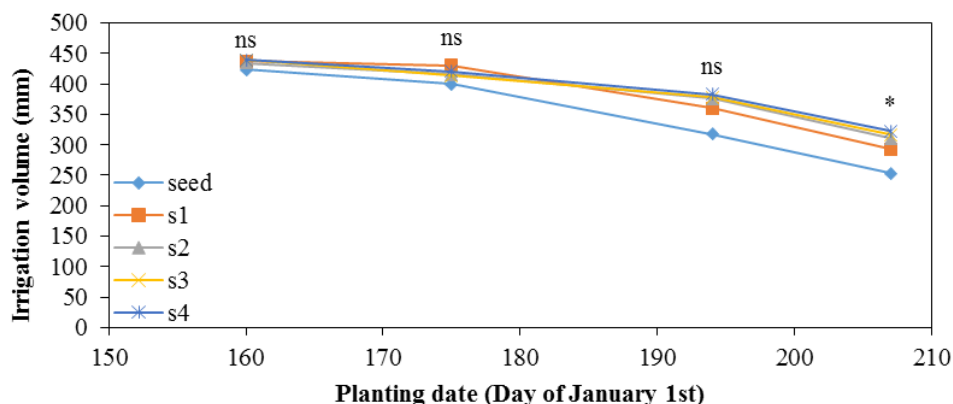
علت عدم اختلاف از نظر عملکرد یا مصرف آب بین کشت نشایی و بذری ممکن است سوال برانگیز باشد. چون کشت بذر در گلخانه نسبت به کشت بذر در مزرعه زودتر اتفاق می‌افتد، انتظار می‌رود رشد و تولید بیشتری داشته و آب کمتری هم مصرف کند، اما در شبیه‌سازی این نتیجه حاصل نشد. دلیل این موضوع با استفاده از داده‌های روزانه سطح برگ و سرعت رشد شبیه‌سازی شده مربوط به سال ۲۰۰۲ توضیح داده شد (شکل ۶).

در ابتدای دوره رشد، کشت نشایی در مقایسه با کشت بذری

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت بر مقدار آب آبیاری، تعداد آب آبیاری، تبخیر، تعرق، تبخیر و تعرق تجمعی
Table 3- Analysis of variance for the effects of planting date on irrigation amount, irrigation numbers, evaporation, transpiration and cumulative evapotranspiration

میانگین مربعات Mean of squares						
تاریخ کاشت	درجه آزادی d.f	مقدار آب آبیاری Irrigation amount	تعداد آب آبیاری Irrigation numbers	تبخیر Evaporation	تعرق Transpiration	تبخیر و تعرق تجمعی Cumulative evapotranspiration
تاریخ کاشت اول First planting date						
نوع کاشت Planting type	4	757.57 ^{ns}	2.56 ^{ns}	2664.29**	266.78 ^{ns}	1412.30 ^{ns}
خطا Error	75	5845.20	1.04	544.29	2369.26	2689.23
تاریخ کاشت دوم Second planting date						
نوع کاشت Planting type	4	1924.29 ^{ns}	1.16 ^{ns}	3518.92**	698.96 ^{ns}	1450.96 ^{ns}
خطا Error	75	5819.87	0.95	599.52	2602.89	2714.88
تاریخ کاشت سوم Third planting date						
نوع کاشت Planting type	4	11523.08 ^{ns}	4.95**	601.42 ^{ns}	11584.76**	8462.10*
خطا Error	75	5787.55	1.20	579.55	2515.20	3364.84
تاریخ کاشت چهارم Fourth planting date						
نوع کاشت Planting type	4	12700.56*	5.18**	802.57 ^{ns}	20020.95**	12861.48**
خطا Error	75	4792.46	1.17	407.39	2655.28	2433.48

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪
ns: non-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۵- مقدار آب آبیاری شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی (s1 و s2 و s3 و s4) و بذری (seed) در تاریخ‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۰۰)

Fig. 5- Simulated irrigation volumes (mm) for transplanting (s1, s2, s3, s4) and direct seeded (seed) treatments at different planting dates (2000-2015)

لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت ماقبل آخر تیمارهای seed، s1 و s2 باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

It is notable that due to impair of all treatments at fourth planting date and the treatments including direct-seeded, s1 and s2 at third planting date for next crop cultivation, these treatments are not recommended.

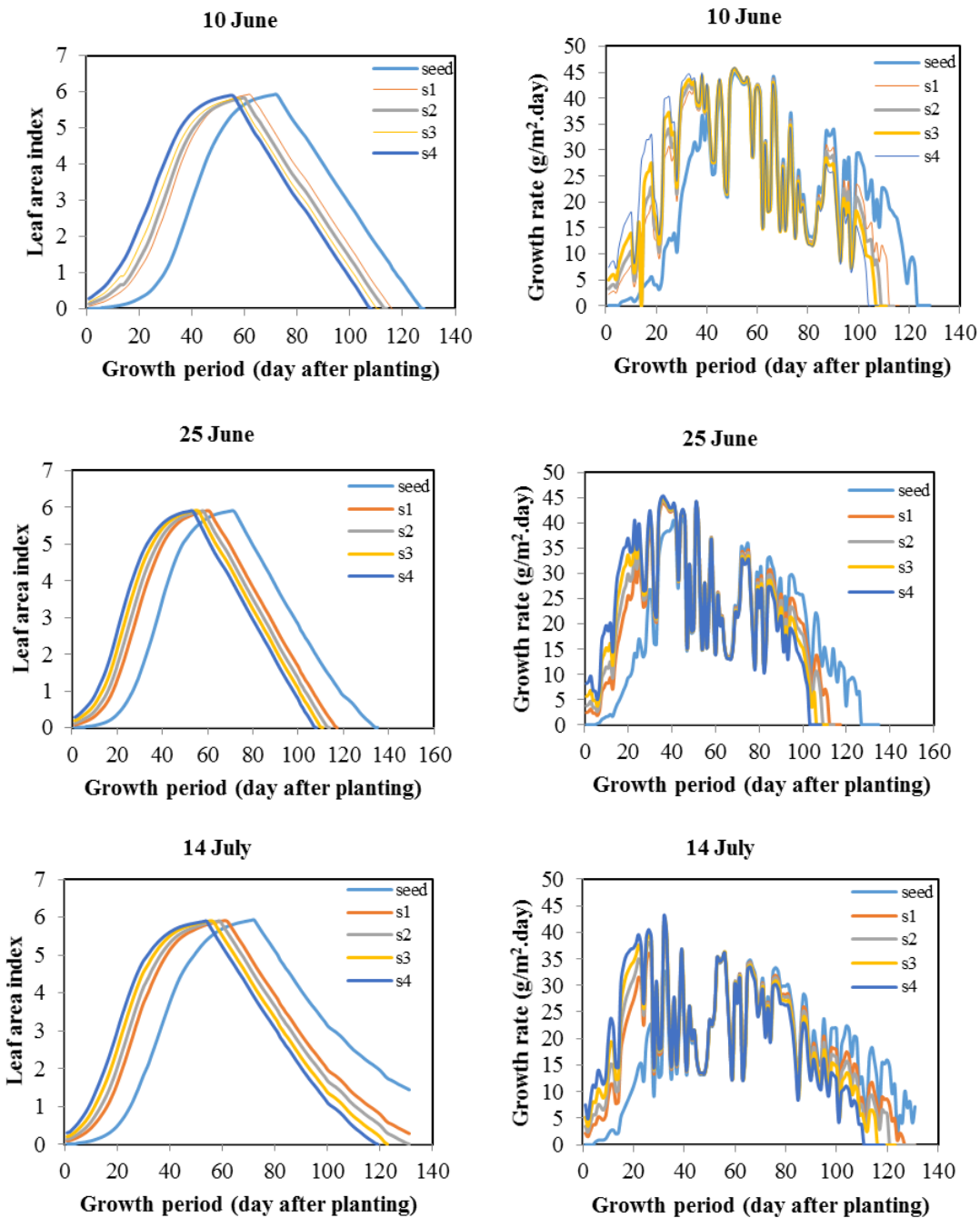
ns: non-significant, * and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

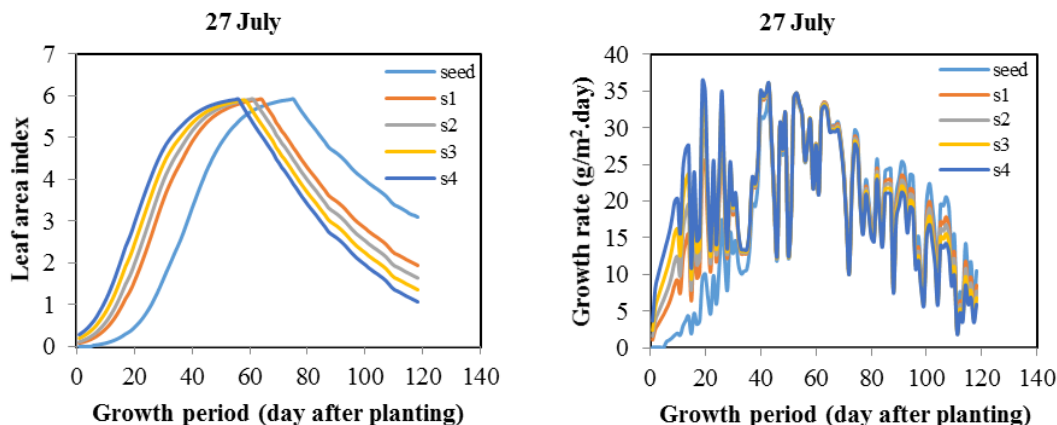
جدول ۴- ارزیابی اقتصادی در دو روش کشت نشایی و بذری ذرت براساس فهرست بهای سال ۹۷ (واحد: تومان در هکتار)
Table 4- Economic evaluation of transplanting and direct-seeded method for Maize based on price list 2018 (Toman per hectare)

هزینه‌ها Costs	تیمار Treatments	بذرکاری Direct-seeded	نشاکاری Transplanting
	اجاره زمین Field rental	2500000	2500000
	آماده‌سازی زمین Filed preparation	547200	617200
	کاشت Cultivation	474444	10081479
هزینه‌ها Costs	داشت Management	4128898	4085134
	برداشت Harvest	500000	500000
	سود سرمایه در گردش Circulating capital gain	1222194	2667230
	مجموع Total	9370151	20448767
درآمدها Incomes	درآمد ناخالص Gross income	11946000	11946000
	درآمد خالص Net income	2575849	-8502767

*: هزینه‌های موجود از ۲۰ کارشناس یا کشاورز در سال ۹۷ تهیه و درآمدها محاسبه شده است.

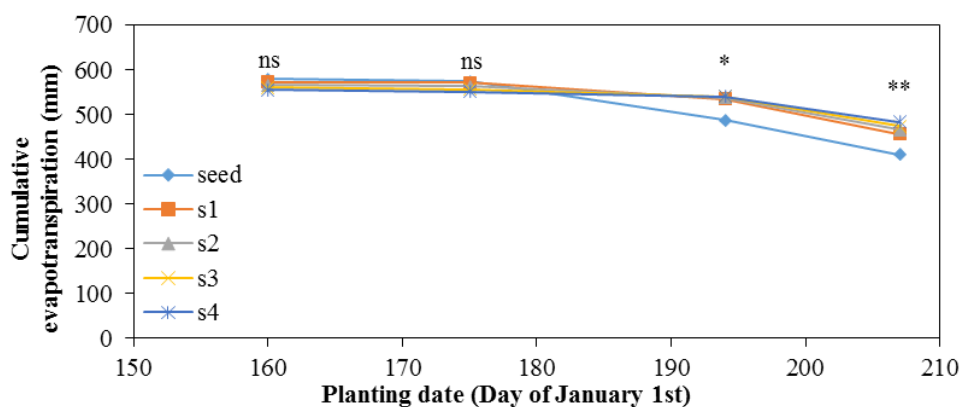
* The data has been estimated based on information obtained from 20 farmers or experts in 2018.





شکل ۶- روند تغییرات سطح برگ و سرعت رشد روزانه برای سال ۲۰۰۲ برای تیمارهای نشایی (s1 و s2 و s3 و s4) و بذری (seed) در تاریخ کاشت‌های مختلف

Fig. 6- Trend of leaf area and daily growth rate changes for transplanting (s1, s2, s3, s4) and direct seeded (seed) treatments at different planting dates (2002)



شکل ۷- تبخیر تعرق تجمعی شبیه‌سازی شده برای تیمارهای مختلف نشایی (s1 و s2 و s3 و s4) و بذری (seed) در تاریخ کاشت‌های مختلف (۲۰۱۵-۲۰۰۰)

Fig. 7- Simulated evapotranspiration for transplanting (s1, s2, s3, s4) and direct seeded (seed) treatments at different planting dates (2000-2015)

لازم به ذکر است که در تاریخ کاشت آخر همه تیمارها و در تاریخ کاشت ماقبل آخر تیمارهای seed، s1 و s2 باعث اختلال در کشت محصول بعدی می‌شوند و قابلیت اجرایی و توصیه ندارند.

ns: غیر معنی‌دار، * و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪

It is notable that due to impair of all treatments at fourth planting date and the treatments including direct-seeded, s1 and s2 at third planting date for next crop cultivation, these treatments are not recommended.

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

$$\text{قیمت محصول در بازار} \times \text{عملکرد محصول زراعی} = \text{درآمد} \quad \text{گردش (۳)}$$

ناخالص (۱) $\text{قیمت تضمینی محصول توسط جهاد کشاورزی استان گلستان}$

$$\text{هزینه‌ها} - \text{درآمد ناخالص} = \text{درآمد خالص (۲)}$$

در سال ۹۷ تعیین شد (۱۰۸۶ تومان).

** درصد سود بانکی

$$\text{هزینه برداشت} + \text{هزینه داشت} + \text{هزینه کاشت} + 15\% \text{ **}$$

$$\text{هزینه آماده‌سازی خاک} + \text{هزینه اجاره زمین} = \text{سود سرمایه در}$$

نتایج تجزیه اقتصادی نشان داد که با توجه به برابر بودن

عملکرد و قیمت ذرت دانه‌ای در کشت نشایی و بذری، درآمد ناخالص هر دو نوع کشت با هم برابر بوده و همچنین به‌علت بالا بودن هزینه‌های کشت نشایی نسبت به بذری، درآمد خالص کشت نشایی منفی شده و شامل ضرر و زیان بود (جدول ۴). دلیل بالا بودن هزینه‌های کشت نشایی، اضافه شدن هزینه‌های مربوط به گلخانه، انتقال نشاها به مزرعه، عملیات کاشت آن‌ها و هزینه‌های مربوط به نوار تیپ بود. بنابراین، کشت نشایی ذرت ظاهراً توجیه اقتصادی مناسبی برای بهره‌وری بالاتر آب و عملکرد نداشته و توصیه نمی‌شود. فقط درآمد خالص کشت بذری در صورت مدیریت مطلوب و حصول عملکرد بالا مثبت بود. طبق مطالب پیش گفته در این مطالعه عملکرد ذرت دانه‌ای برای تیمار نشایی و بذری در تاریخ کاشت معمول (۴ تیر) توسط مدل شبیه‌سازی شده بود که به‌صورت ۷۰ درصد عملکرد پتانسیل لحاظ شد و در هر دو نوع کشت برابر ۱۱ تن در هکتار بود. لازم به یادآوری است که عملکرد مزارع ذرت دانه‌ای در کشورهای پیشرفته بیش از ۱۰ تن در هکتار می‌باشد (FAO, 2014).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که کشت بذری در تاریخ کاشت زود هنگام (۲۰ خرداد) و معمول (۴ تیر) باعث اختلال در کشت محصول بعدی نمی‌شود و قابل توصیه است، ولی در تاریخ‌های دیرتر باعث تداخل در کشت محصول بعدی که عمدتاً گندم است، خواهد شد. اما زمانی که تاریخ کاشت برای محصول ذرت دیر شده باشد (۲۳ تیر)، می‌توان با کشت نشایی فقط در صورت استفاده از نشاهای درشت (S3 و S4 به‌ترتیب دارای سطح برگ ۱۹ و ۲۲ سانتی‌مترمربع در بوته)، از طریق زودرس کردن گیاه، از برخورد برداشت ذرت با کشت گیاه زمستانه بعدی جلوگیری نمود و اختلال در سیستم زراعی

را مرتفع ساخت. در تاریخ کاشت ۲۰ خرداد و ۴ تیر به لحاظ عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری بین کشت بذری و نشایی مشاهده نشد و برای هر دو نوع کشت، عملکرد دانه حدود ۱۳۳۰ گرم در مترمربع شبیه‌سازی شد. در ۲۳ تیر عملکرد دانه حاصله از کشت نشایی (S3 و S4) به‌ترتیب ۱۲۵۱ و ۱۲۹۵ گرم در مترمربع بود. در تاریخ کاشت دیرتر (۵ مرداد) هر دو نوع کشت بذری و نشایی قابل توصیه نیستند، چون قبل از اول آذر قابل برداشت نخواهند بود و کشت گیاه بعدی را مختل می‌کند. مقدار آب آبیاری در هیچ یک از تاریخ کاشت‌های اول، دوم و سوم کاهش معنی‌داری ندارد، چون در ابتدای فصل رشد به‌دلیل وجود سطح برگ بیشتر در کشت نشایی تاخیر ترقی بیشتری صورت می‌گیرد. در این سه تاریخ و برای تیمارهای مختلف کشت نشایی و بذری، میانگین مقدار آب آبیاری حدود ۴۰۴ میلی‌متر بود. مقایسه بازدهی اقتصادی کشت بذری و نشایی نشان داد که با توجه به میزان محصول برداشتی در شرایط فعلی، درآمد خالص کشت نشایی منفی، اما کشت بذری مثبت بود. بنابراین، با توجه به زیان‌ده بودن کشت نشایی، کشاورزان تا زمانی که هزینه بالای این نوع کشت با پرداخت یارانه یا سایر روش‌ها جبران نگردد، از کشت نشایی استقبال نخواهند کرد.

سپاسگزاری

این پژوهش با کمک سازمان جهاد کشاورزی گرگان انجام شده که مراتب سپاس و قدردانی اعلام می‌گردد. همچنین از کلیه محققان، کشاورزان و کارشناسان استان گلستان به‌دلیل همکاری در طول انجام این تحقیق قدردانی می‌شود. این مقاله از پایان نامه تز کارشناسی ارشد از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان استخراج شده است.

References

- Anapali, S.S., Ma, L., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., and Ahuja, L.R., 2005. Simulating planting date effects on corn production using RZWQM and CERES-Maize models. *Agronomy Journal* 97(1): 58-71.
- Badran, M.S.S., 2001. Effect of transplanting and seedling ages on grain yield and its components of some maize cultivars. *Alexandria Journal of Agricultural Research* 46(2): 47-56.
- Biswas, M., 2008. Effect of seeding age and variety on the yield and yield attributes of transplanted maize. *International Journal of Sustainable Crop Production* 3(6): 58-63.
- Coordination Management of Kermanshah vince Agricultural Jihad Organization., 2016. Maize transplanting. http://agrilib.areo.ir/book_2519.html. p. 44. (In Propersian)
- Daneshian, J., Jamshidi, E., Ghalavand, A., and Farrokhi, E., 2008. Determination of the suitable plant density and planting date for new hybrid (CMS-26 × R-103) of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Iranian Journal of Crop*

- Sciences 10(1): 72-87. (In Persian with English summary)
- Fanadzo, M., Chiduza, C.S., and Mnkeni, P.N.S., 2010. Comparative response of direct seeded and transplanted maize (*Zea mays* L.) to nitrogen fertilization at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. *African Journal of Agricultural Research* 4(8): 689-694.
- Fayazi, H., 2019. Evaluation of production and yield gap of grain and forage corn (*Zea mays* L.) in present and future climate conditions of Iran. Ph.D. Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian with English summary)
- Food and Agriculture Organization (FAO)., 2014. The FAOSTAT Database. Available at Web site <http://faostat.fao.org/default.aspx> (Verified 5 September 2014).
- Geerts, S., and Raes, D., 2009. Deficit irrigation as on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management* 96(9): 1275-1284.
- Ghiyasbadi, M., Khajeh Hosseini, M., and Mohammad-Abadi, A.A., 2014. The study of transplanting date on growth analyses and forage yield of maize (*Zea mays* L.) under Mashhad conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(1): 137-145. (In Persian with English summary)
- Gupta, M.K., Chandra, P., Samuel, D.V.K., Singh, B., Singh, A., and Garg, M.K., 2012. Modeling of tomato seedling growth in greenhouse. *Agricultural Research* 1(14): 362-369.
- Hashemi Dezfouli, S.A., Alemi Saeed, K., Siadat, S.A., and Komayli, M.R., 2001. The effect of planting date on yield potential of two sweet corn hybrids in Khuzestan climatological conditions. *Iranian Journal Agriculture Science* 32(4): 681-689. (In Persian with English summary)
- Mokhtarpoor, H., Mosavat, S.A., Bazi, M.T., and Saberi, A.R., 2007. Effect of sowing date and plant density on qualitative and quantitative forage yield of sweet corn KSC403 in spring sowing. *Seed and Plant Improvement Journal* 23(4): 473-486. (In Persian)
- Noor Mohammadi, G., Siadat, S.A., and Kashani, A., 2010. *Cereal agronomy*. Publication of Chamran University, Iran. p. 446. (In Persian)
- Oswald, A., Ransom, J.K., Kroschel, J., and Sauerborn, J., 2001. Transplanting maize (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) reduces *Striga hermonthica* damage. *Weed Sciences* 49(3): 346-353.
- Rahimi Moghaddam, S., Deihimfard, R., Soufizadeh, S., Kambouzia, J., Nazariyan Firuzabadi, F., and Eyni Nargeseh, H., 2015. Impact of the sowing date on grain yield, yield components and physiological growth indices of six grain maize cultivars in Iran. *Journal of agroecology* 5(1): 72-83. (In Persian with English summary)
- Sanchez Andonova, P., Rattin, J., and Di Benedetto, A., 2014. Yield increase as influenced by transplanting of sweet maize (*Zea mays* L. *saccharata*). *American Journal of Experimental Agriculture* 4(11): 1314-1329.
- Soltani, A., 2007. *Application of SAS in Statistical Analysis* (Second Edition). Publications of Mashhad university jihad, Iran. p. 184. (In Persian)
- Soltani, A., Alimaghham, S.M., Nehbandani, A.R., Dadrasi, A., Zeinali, E., Torabi, B., Zand, E., Rahimian, H., Ghasemi, S., Fattah Taleghani, D., and Ahmadi, K., 2018. *Food Security Analysis until 2050*. Research Report. Agricultural Research, Education and extension Organization and Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. p. 31. (In Persian)
- Soltani, A., and Maddah, V., 2010. *Simple, Applied and Programs for Education and Research in Agronomy*. Publications of Shahid Beheshti University Ecological Science Association, Iran. p. 80. (In Persian)
- Soltani, A., Nehbandani, A.R., Alimaghham, S.M., Dadrasi, A., Torabi, B., Zeinali, E., Zand, E., Ghasemi, S., Alasti, O., Hosseini, R., Zahed, M., Fayazi, H., Kamari, H., Arab Ameri, R., Mohammad zadeh, Z., Rahban, S., Pourshirazi, S., Mohammadi, S., Keramat, S., Sousarayi, N., Ashnavar, M., and Ahmadi, M., 2019. Modeling the growth and production of vegetation on a large scale with SSM-icrop2 crops, vegetables, fruit orchards and pastures. Research Report. Agricultural Research, Education and Extension Organization and Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. p. 115. (In Persian)
- Soltani, A., Nehbandani, A.R., Dadrasi, A., Alimaghham, S.M., Zeinali, E., and Torabi, B., 2018. *Agro-Ecological Zoning (AEZ) of Iran for Plant Production*. Research report. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. p. 190. (In Persian)
- Soltani, A., and Sinclair, T.R., 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. *Field Crops Research* 124: 252-260.
- Tamaddon Rastegar, M. and Amini, I., 2007. Effects of planting dates and densities on yield and yield components of

- sweet corn of ksc404 in Mazandaran climate condition (Sari). Pajouhesh and Sazandegi 75: 9-14. (In Persian with English summary)
- Van Ittersum, M.K., Leffelaar, P.A., Van Keulen, H., Kropff, M.J., Bastiaans, L., and Goudriaan, J., 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. *European Journal of Agronomy* 18(3-4): 201-234.
- Yang, L.H. and Yang, L.H., 1998. Ecological and physiological basis of transplanting spring-sown maize for high yield. *Acta Agriculturae Boreali Sinica (CD-ROM)* 13(2): 30-34.
- Zeinali, H., 2000. Study of growth indices and their relationship with yield in maize grown under different densities and dates. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (In Persian with English summary)
- Zolfaghara, A., Alizadeh, A., Khavari, S., Bannayan, M., and Ansari, H., 2016. Investigation and comparison of water productivity in direct and transplant seeding of corn in different irrigation regimes. *Iranian Journal of Irrigation and Drainage* 10(4): 508-519. (In Persian with English Summary)



Modelling the Effect of Seedling Culture on Yield and Water Use of Maize under Gorgan Environmental Conditions

S. Taheri¹, A. Soltani^{2*}, B. Kamkar³, M. Nazeri⁴ and E. Shakeri⁵

Submitted: 03-11-2019

Accepted: 01-02-2020

Taheri, S., Soltani, A., Kamkar, B., Nazeri, M., and Shakeri, E., 2021. Modelling the effect of seedling culture on yield and water use of maize under Gorgan environmental conditions. Journal of Agroecology 13(2):307-324.

Introduction

Method include seedling size and planting date. Since field experiments are usually laborious and costly, the simulation models could be used as a useful tool for investigating such factors. Due to climate change affects the outputs of crop models, the crop growth simulation models should be widely evaluated with empirical data to ensure that simulation of crop growth under a different management strategy or future weather conditions is reliable.

Materials and Methods

In the present study, the effect of direct-seeding and four seedling sizes (13, 16, 19 and 22 leaf area $\text{cm}^2\text{plant}^{-1}$ and at 200, 250, 300 and 350 °C cumulative temperature) for transplanting method at four planting dates (10 June, 25 June, 14 July, and 27 July) was simulated in Gorgan environmental conditions for 16 years (2000-2015) using SSM-iCrop2 model. In this simulation, it was supposed that the corn should be harvested on 22 November to provide sufficient time for cultivating the next crop. Also, the economic evaluation between the two methods of transplanting and direct-seeding was carried out using a questionnaire from farmers and experts in the field to evaluate the costs of these two methods

Results and Discussion

The simulation results showed that at early planting date (10 June), in transplanting method, the crop matured earlier between 16 to 26 days compared to the direct-seeding, depending on seedling size. In addition, the average yield of 1331 g m^{-2} and average net irrigation requirement of 435 mm ha^{-1} were obtained. At this planting date, transplanting had no effect on the yield and net irrigation requirement. In the common sowing date (25 June), the crop matured earlier between 19 to 33 days (early harvest) in the transplanting method compared to direct-seeding, however, the planting method had no effect on the yield and net amount of irrigation. At this planting date, the average yield and water requirement were 1329 g m^{-2} and 416 mm ha^{-1} , respectively. In late planting date (14 July), transplanting with large seedlings (leaf area of 19 and $22 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$) were able to complete their growth period before 22 November. Average yield and irrigation requirement were 1273 g m^{-2} and 381 mm ha^{-1} , respectively. It should be noted that in late planting date, direct-seeding and transplanting with small seedlings (leaf area of 13 and $16 \text{ cm}^2 \text{ plant}^{-1}$) were not able to complete maturity to 22 November, therefore, this planting date is not recommended. At the last planting date (27 July), all types of cultivation are not recommended as crop growth period are not completed before 22 November.

1- M.Sc., Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

3- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

4- Ph.D. Student, Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Golestan, Iran.

5- Ph.D. of Agronomy, Graduated from Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shiraz University. Shiraz, Iran.

(*- Corresponding Author Email: afshin.soltani@gmail.com)

Doi: 10.22067/jag.v13i2.84053

Conclusion

In general, it can be concluded that transplanting method would be only recommended for late planting date with using large transplants (leaf area of 19 and 22 cm² plant⁻¹). However, transplanting did not significantly decrease the amount of net irrigation requirement at any of the planting dates, and also had higher costs and lower profit.

Keywords: Cultivation method, Production, Productivity, Simulation, SSM-iCrop2



مقاله علمی - پژوهشی

برآورد ظرفیت افزایش تولید جو آبی در ایران از طریق حذف خلأ عملکرد بر اساس روش گیگا

امید الستی^۱، ابراهیم زینلی^{۲*}، افشین سلطانی^۳ و بنیامین ترابی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۶/۰۲

الستی، ا.، زینلی، ا.، سلطانی، ا.، و ترابی، ب.، ۱۴۰۰. برآورد ظرفیت افزایش تولید جو آبی در ایران از طریق حذف خلأ عملکرد بر اساس روش گیگا. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۳۲۵-۳۴۴.

چکیده

در این پژوهش میزان خلأ عملکرد در مناطق اصلی زیر کشت جو آبی کشور طی سال‌های زراعی (۱۳۸۰-۱۳۹۴) از طریق دستورالعمل اطلس جهانی خلأ عملکرد (گیگا) مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا مناطق اصلی تولید جو آبی در کشور تعیین شدند؛ مناطقی که بیش از ۸۵ درصد جو کشور در آن‌ها تولید می‌شود. ۱۲ منطقه اقلیمی اصلی با استفاده از نقشه‌های پهنه‌بندی اقلیمی گیگا و پراکنش سطح زیر کشت جو آبی شناسایی شدند. پس از آن، ۴۸ ایستگاه هواشناسی مرجع درون مناطق اقلیمی اصلی براساس میزان پراکنش سطح زیر کشت آن‌ها انتخاب گردید. تخمین خلأ عملکرد در این مطالعه حاصل اختلاف بین مقادیر پتانسیل عملکرد برآورد شده توسط مدل SSM-iCrop2 و عملکرد واقعی گزارش شده جهاد کشاورزی در هر RWS طی ۱۵ سال زراعی (۱۳۹۴-۱۳۸۰) می‌باشد. با استفاده از رویکرد پایین به بالای دستورالعمل گیگا، مقادیر خلأ عملکرد جو آبی در سطح ایستگاه‌های مرجع برآورد شده و سپس به مناطق اقلیمی اصلی و در نهایت، به کل کشور تعمیم داده شد. تعمیم نتایج از سطح ایستگاه‌ها به مناطق اقلیمی نشان داد که دامنه تغییرات متوسط پتانسیل عملکرد برآورد شده در اقلیم‌های اصلی تولید جو آبی بین ۵۲۸۳ تا ۸۲۸۶ با میانگین ۷۰۹۰ کیلوگرم در هکتار بود، در حالی که دامنه عملکردهای واقعی بین ۱۴۰۶ و ۳۷۲۳ با متوسط ۳۰۰۹ کیلوگرم در هکتار در سطح کشور بود. در حال حاضر بین ۳۲۳۷ تا ۴۶۹۷ و به‌طور متوسط ۴۰۸۱ کیلوگرم در هکتار خلأ در زمین‌های زراعی جو آبی کشور مشاهده می‌شود. به عبارت دیگر، در مناطق اقلیمی اصلی دامنه خلأ عملکرد (%) بین ۵۰ تا ۷۶ و به‌طور متوسط ۵۸ درصد در سطح مزارع جو آبی کشور برآورد شد. طبق این مطالعه می‌توان نتیجه‌گیری کرد که با حذف میزان خلأ برآورد شده از طریق بهبود شرایط مدیریتی و راهکارهای به‌زادگی-زراعی در زمین‌های زراعی جو آبی می‌توان مقدار تولید آن در کشور را از ۲/۲۱ میلیون تن در شرایط فعلی به ۴/۱۷ میلیون تن افزایش داد. این افزایش تولید (۱/۹۶ میلیون تن) می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز کشور به جو را تأمین کرده و کشور را به سمت خودکفایی تولید این محصول نزدیک کند.

واژه‌های کلیدی: اطلس جهانی، پتانسیل عملکرد، عملکرد واقعی، مدل شبیه‌سازی گیاهی

مقدمه

مصرف می‌شود. این گیاه زراعی قابلیت کشت در زمین‌هایی را دارد که برای سایر گیاهان زراعی غیر قابل استفاده است (Cuesta-Marcos et al., 2016). در ایران جو بعد از گندم بیشترین سطح زیر کشت در میان گیاهان زراعی دانه‌ای را با حدود ۱/۷ میلیون هکتار دارا می‌باشد (FAO., 2018). با این وجود، آمار نشان می‌دهد که ایران طی پنج سال گذشته سومین کشور واردکننده جو در جهان بوده و به‌طور میانگین سالانه در حدود ۲/۵ میلیون تن دانه این محصول برای تأمین نیاز کشور از سایر کشورها خریداری شده است (USDA.,

جو یکی از مهم‌ترین و پرمصرف‌ترین گیاهان زراعی در ایران است که به‌طور عمده به‌عنوان خوراک دام و تا حدودی غذای انسان

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

۳- استاد گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

(*) نویسنده مسئول: zeinalistudents@gmail.com (Email: zeinalistudents@gmail.com)

Doi: 10.22067/jag.v13i2.81833

2019). در شرایط حاضر، بحث امنیت غذایی علاوه بر موضوع تأمین غذا به نحوه توزیع و میزان دسترسی اقتصادی مصرف‌کنندگان به غذا نیز ارتباط پیدا می‌کند و برای جلوگیری از وابستگی کامل به واردات محصولات زراعی، افزایش تولید به‌ویژه در مکان‌هایی با عملکردهای پایین در واحد سطح ضروری به نظر می‌رسد (Anderson et al., 2016). از این‌رو، برآورد میزان خلأ عملکرد گیاه زراعی جو به‌عنوان اولین گام به‌منظور تخمین پتانسیل افزایش عملکرد و تولید جو در کشور یک راهکار کلیدی جهت افزایش نرخ خودکفایی و کاهش میزان واردات جو به کشور شناخته می‌شود.

خلأ عملکرد گیاهان زراعی، اختلاف موجود بین عملکرد واقعی و عملکرد پتانسیل است که ظرفیت موجود برای افزایش عملکرد و تولید هر یک از گیاهان زراعی را نشان می‌دهد (Hochman et al., 2012). با در دست داشتن اطلاعات لازم در رابطه با وضعیت عملکرد واقعی گیاهان زراعی، می‌توان مقادیر خلأ عملکرد را از طریق پتانسیل عملکرد برآورد شده در هر منطقه مشخص کرد. آنالیز عوامل خلأ عملکرد ناشی از مدیریت متداول در مزارع، زمینه را برای یافتن راهکارهای مدیریت زراعی مطلوب با هدف دستیابی به عملکرد قابل حصول و طراحی راهبردهای امنیت غذایی در مقیاس منطقه‌ای، ملی و جهانی فراهم می‌سازد (Van Wart et al., 2013).

اهمیت موضوع امنیت غذایی و ضرورت افزایش تولید گیاهان زراعی متناسب با تقاضای رو به افزایش برای غذا باعث شده است که پژوهش در زمینه خلأ عملکرد در کشورهای پیشرفته و در حال توسعه به‌صورت ویژه‌ای مورد توجه پژوهشگران قرار بگیرد (Van Ittersum et al., 2013). اکثر مطالعات صورت گرفته بر اساس پروژه اطلس جهانی خلأ عملکرد^۱ (گیگا) با هدف تحقق امنیت غذایی در کل دنیا می‌باشد (Grassini et al., 2017). با استفاده از دستورالعمل گیگا، می‌توان مناطق اصلی تولیدکننده یک گیاه زراعی را شناسایی کرد و از طریق برآورد مقادیر پتانسیل و خلأ تولید در هر یک از این مناطق، راهکارهای مناسبی را برای رسیدن به امنیت غذایی در هر کشور ارائه کرد (Lobell et al., 2009). محاسبه مقادیر خلأ عملکرد به‌کمک این روش، بر اساس یک رویکرد پایین به بالا^۲ با تعمیم نتایج از سطح ایستگاه‌های هواشناسی مرجع تولید گیاه به مناطق اقلیمی اصلی و سپس کل کشور انجام می‌شود (Van Bussel et al., 2015).

استفاده از دستورالعمل گیگا در آرژانتین نشان داد که میزان درصد خلأ عملکرد برآورد شده گیاهان زراعی ذرت (۴/۸۱ تن در هکتار) و گندم (۲/۱۴ تن در هکتار) حدود ۴۱ درصد و سویا (۱/۲۶ تن در هکتار) تقریباً ۳۲ درصد می‌باشد. با تأمین شرایط مدیریت زراعی برای رسیدن به مقادیر قابل حصول (۸۰ درصد از عملکرد پتانسیل)، میزان تولید بدون افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی ذرت، گندم و سویا می‌تواند به‌ترتیب تا ۷/۴، ۵/۲ و ۹/۲ میلیون تن در سال افزایش پیدا کند. این افزایش تولید باعث توسعه صادرات بیش از پنج درصدی محصولات زراعی مذکور از آرژانتین به سایر کشورها خواهد شد (Aramburu Merlos et al., 2015). همچنین، مطالعه روی گندم طی شرایط دیم در اروپا با روش گیگا نشان‌دهنده خلأ عملکرد بین دو تا چهار تن در هکتار بود. البته این مقدار در شمال غربی اروپا (بین صفر تا دو تن در هکتار) نسبت به کشورهای حوزه بالتیک، پرتغال، اسپانیا، جنوب ایتالیا و یونان (کم‌تر از چهار تن در هکتار) به‌دلیل سیستم‌های مدیریتی مناسب‌تر و خاک‌های حاصلخیز کم‌تر است (Boogaard et al., 2013). به‌علاوه، بر اساس نتایج به‌دست آمده در ۱۶ منطقه اقلیمی اصلی تولید گیاه زراعی برنج در چین، مقادیر عملکرد واقعی (بین ۵/۲ تا ۸/۸ تن در هکتار) و پتانسیل عملکرد برآورد شده (بین ۸/۶ تا ۱۰/۸ تن در هکتار) بوده و متوسط خلأ عملکرد برنج در کل کشور حدود سه تن در هکتار (معادل ۲۱ درصد خلأ عملکرد) برآورد شد. میزان متوسط تولید برنج در چین طی سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۵ طبق گزارش‌ها حدود ۲۰۶ میلیون تن بوده است که با راهکارهای مدیریتی مناسب قابلیت افزایش حدود ۳۱ میلیون تن (معادل ۱۵ درصد خلأ تولید قابل مدیریت) تولید این کشور را دارا می‌باشد (Deng et al., 2019).

طبق اطلاعات ارائه‌شده در سایت جهانی خلأ عملکرد^۳ طی سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷، در بین کشورهایی که گزارش خود را در رابطه با مقادیر خلأ عملکرد جو در شرایط کشت آبی و دیم طبق دستورالعمل گیگا ارائه داده‌اند، کشورهای حاضر در بخش غربی اروپا با خلأ عملکرد برآورد شده پایین (کم‌تر از ۲۵ درصد) بهترین آمار را از نظر میزان بهره‌برداری اراضی کشاورزی دارا می‌باشند. بیشترین میزان خلأ عملکرد (بیش‌تر از ۷۰ درصد) در این گزارش‌ها متعلق به کشورهای در حال توسعه تونس، اردن و مراکش طی شرایط کشت

3- http://www.yieldgap.org/web/guest/download_data (verified June 2017)

1- Global Yield Gap Atlas (GYGA)
2- Bottom to up

آبی و دیم می‌باشد.

نتایج مطالعه در استان قزوین روی گیاه زراعی جو در شرایط کشت آبی با استفاده از دستورالعمل گیگا طی سال‌های زراعی ۲۰۱۵-۲۰۱۱ نشان داد که متوسط عملکرد واقعی در پنج ایستگاه هواشناسی مرجع تعیین شده حدود ۲/۸۷ تن در هکتار و پتانسیل عملکرد برآورد شده ۸/۲۳ تن در هکتار می‌باشد. میزان خلأ عملکرد موجود در استان قزوین ۵/۵۶ تن در هکتار (معادل ۴۶ درصد خلأ عملکرد) برای این محصول تخمین زده شد (Jenab & Nazari., 2019).

با توجه به کمبود زمین‌های قابل کاشت و آب کافی در نقاط مختلف کشور، بنابراین بهترین راهکار برای افزایش میزان تولید جو در کشور و رسیدن به سطح خودکفایی در تولید این گیاه زراعی مهم، افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد که این موضوع وابسته به افزایش کیفیت مدیریت در سطح مزارع، توسعه کاربرد فناوری در کشاورزی، افزایش دانش کشاورزان و بهینه‌سازی استفاده از نهاده‌های کشاورزی و سیاست‌گذاری‌های راهبردی در نقاط مختلف کشت این گیاه در کشور می‌باشد. با این وجود، در شرایط حاضر به نظر می‌رسد که هنوز مطالعه جامعی در رابطه با برآورد میزان خلأ عملکرد در مناطق اصلی کشت آن در کشور به‌عنوان گام ابتدایی انجام نشده است. بنابراین، هدف از انجام این مطالعه، تعیین مناطق اقلیمی اصلی تولید جو کشور، برآورد میزان پتانسیل عملکرد در این اقلیم‌ها و در نهایت، تخمین میزان خلأ و تهیه نقشه خلأ عملکرد جو طی شرایط کشت آبی بر اساس اطلس جهانی خلأ عملکرد برای کل کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: ایران با مساحت حدود ۱۶۵ میلیون هکتار بین عرض‌های جغرافیایی ۲۴ تا ۴۰ درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۴۲ تا ۶۶ درجه شرقی در منطقه خاورمیانه (جنوب غربی آسیا) قرار گرفته است و دارای تنوع اقلیمی در نقاط مختلف خود می‌باشد (Roozitalab et al., 2018). به دلیل پراکنش گسترده کشت جو در نقاط مختلف کشور، این مطالعه در سطح ایستگاه‌های هواشناسی مرجع و مناطق اقلیمی اصلی تولید جو آبی کشور با استفاده از یک دستورالعمل جهانی صورت گرفت.

جمع‌آوری اطلاعات برای اجرای دستورالعمل اطلس جهانی خلأ عملکرد (گیگا)

تهیه نقشه اقلیمی^۱ GYGA-ED: برای تعیین مناطق

اقلیمی اصلی کشت غالب جو آبی کشور در ابتدا با استفاده از نقشه پهنه‌بندی اقلیمی جهانی گیگا، اطلاعات و نقشه اقلیمی مربوط به ایران استخراج شد. پهنه‌ها در این طبقه‌بندی اقلیمی بر مبنای ماتریکس سه مؤلفه اصلی اقلیمی تعیین شده برای GYGA، یعنی درجه روز رشد با دمای پایه صفر درجه سانتی‌گراد، شاخص خشکی^۲ (AI) و نوسانات دمایی تفکیک می‌شوند (Van Bussel et al., 2015).

ایران با توجه به کلاس‌های اقلیمی گیگا دارای ۷۲ کد اقلیمی متفاوت است، که از میان آن‌ها مناطق اقلیمی اصلی کشت جو در زمین‌های آبی کشور به تفکیک ارائه می‌شوند. برای اطلاعات بیشتر به سایت (<http://www.yieldgap.org/web/guest/cz-ted>) مراجعه شود.

تهیه لایه نقاط ایستگاه‌های هواشناسی کشور: لایه

نقاط ایستگاه‌های هواشناسی کل کشور با طول و عرض جغرافیایی مشخص در این مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. این لایه برای انتخاب ایستگاه‌های هواشناسی مرجع در روش گیگا ضروری است.

تهیه نقشه اراضی زیر کشت جو آبی در کشور: در حال

حاضر برای دریافت اطلاعات میزان پراکنش زمین‌های زیر کشت گیاهان زراعی مختلف، استفاده از نقشه‌های جهانی^۳ SPAM-2010 به‌عنوان ابتدایی‌ترین نیاز اجرای روش گیگا در کشور میسر می‌باشد (Harvest Choice., 2014). با این وجود، بعد از بررسی نقشه‌های رستری ارائه‌شده SPAM-2010 برای گیاه زراعی جو در شرایط کشت تحت آبیاری کشور، در بعضی از مناطق تناقض‌هایی با پراکنش واقعی کشت جو با توجه به اطلاعات تهیه‌شده از سطح کشور مشاهده گردید. بنابراین، با توجه به دستورالعمل مشخص گیگا، ابتدا هدف‌گذاری این مطالعه، به‌روزرسانی نقشه پراکنش اراضی کشت جو آبی کل کشور مطابق با مقیاس‌های ارائه‌شده نقشه‌های رستری SPAM-2010 بوده است (<http://www.yieldgap.org/iran>).

نقشه خاک کل کشور: در این مطالعه به‌منظور تهیه نقشه

خاک، از اطلاعات^۴ HC-27^۴ (حاصل دو پایگاه مهم اطلاعات جهانی خاک^۵ HWSD و^۶ WISE) (Koo & Dimes., 2013)، در سطح

1 - The Global Yield Gap Atlas Extrapolation Domain

2 - Aridity Index

3 - Spatial Production Allocation Model

4 - Harvest Choice

5 - Harmonized World Soil Database

6 - World Inventory of Soil Emission Potentials

کشور استفاده شده است. مقیاس هر پیکسل نقشه خاک مذکور ۵ معادل $9/3 \times 9/3$ km (۵ arc minutes) می‌باشد. نوع خاک بر اساس سه معیار بافت، عمق و حاصلخیزی (درصد کربن آلی) خاک در هر منطقه از کد ۱ تا ۲۷ طبق این نقشه شماره‌گذاری می‌شود (Han et al., 2015). خصوصیات کد خاک‌های غالب موجود در ایران در جدول ۱ ارائه شده است.

تعیین مناطق اقلیمی اصلی و ایستگاه‌های هواشناسی

مرجع کشت جو آبی: با استفاده از دستورالعمل گیگا (Van Bussel et al., 2015)، مناطق اقلیمی اصلی^۱ (DCZ) و ایستگاه‌های هواشناسی مرجع^۲ (RWS) کشت جو (شرایط کشت آبی) با استفاده از نقشه‌های سطح زیر کشت، پهنه‌بندی اقلیمی گیگا، لایه نقاط ایستگاه‌های هواشناسی کشور و اطلاعات خاک (HC-27) کل کشور تعیین می‌شوند.

تهیه اطلاعات هواشناسی: اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی

سینوپتیک از سازمان هواشناسی کشور برای یک دوره بلندمدت ۱۵ ساله طی بازه زمانی ۱۳۷۹-۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴-۱۳۹۳ تهیه شده است. در این مطالعه به منظور محاسبه عملکرد پتانسیل در ایستگاه‌های هواشناسی مرجع، داده‌های هواشناسی روزانه شامل تشعشع بر حسب مگاژول در مترمربع، دمای حداقل و حداکثر بر حسب سانتی‌گراد و مقدار بارندگی بر حسب میلی‌متر مورد نیاز است. در اغلب ایستگاه‌ها از داده‌های ساعات آفتابی برای معادله آنگستروم-پراسکات در صورت فقدان داده‌های روزانه تابش خورشیدی استفاده شده است. این معادله دقت بالای خود را طی برآورد تابش روزانه خورشید در نقاط مختلف کشور و دنیا نشان داده است (Alasti, 2011; Kamali & Moradi, 2005; Paulescu et al., 2016).

طی مطالعه حاضر، ابتدا فرض بر این بود که تمامی ایستگاه‌های موجود دارای داده‌های هواشناسی درازمدت و قابل اعتمادی هستند، اما بررسی دقیق‌تر داده‌ها در برخی از ایستگاه‌های هواشناسی تعیین شده به‌عنوان RWS نشان داد که به‌ترتیب در کم‌تر از ۱۰ درصد از این ایستگاه‌های پوشش‌دهنده سطح زیر کشت جو آبی، داده‌های ثبت نشده و یا غیر قابل قبول وجود دارد. روش گیگا راه‌حلی مناسب را با هدف پرکردن خلأ ایستگاه‌های حاوی اطلاعات ناکافی با رویکرد جایگزینی ایستگاه، تحت عنوان ایستگاه‌های فرضی پیشنهاد کرده

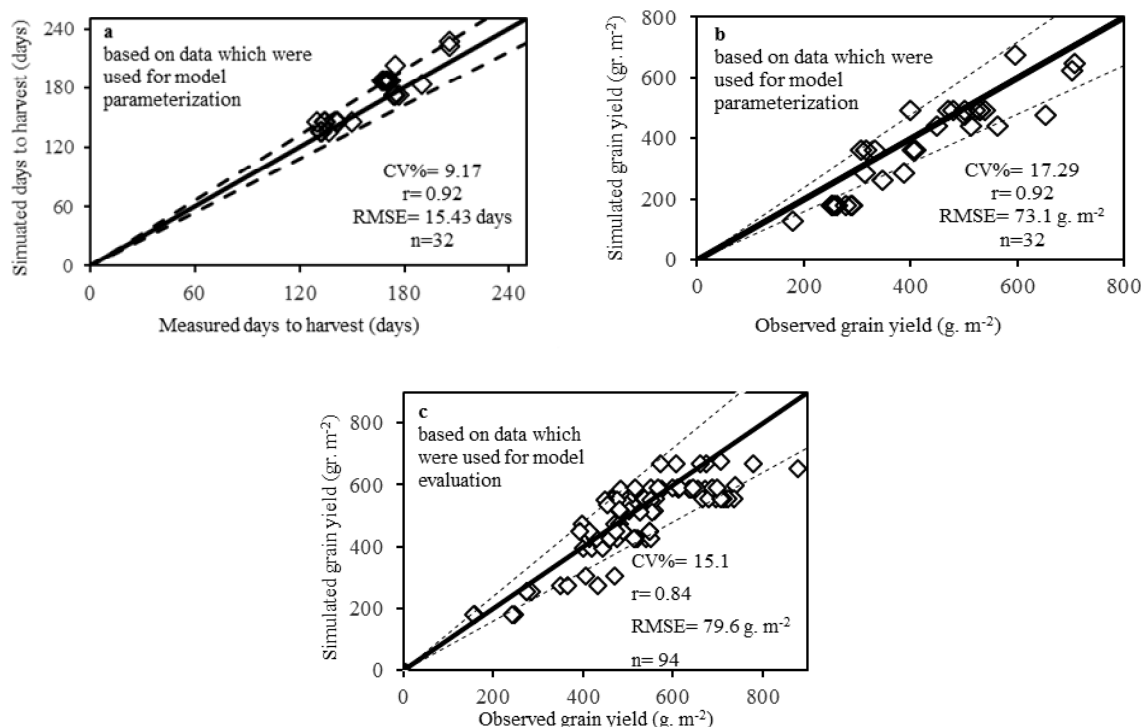
است. بر اساس رویکرد گیگا یکی از اولین مواردی که می‌توان از عنوان ایستگاه هواشناسی مرجع فرضی^۳ استفاده کرد این است که بتوان از ایستگاه جایگزین جدیدی حاوی اطلاعات درازمدت (حداقل ۲۰ سال) و با کیفیت مناسب در نزدیکی آن ایستگاه (درون یک پهنه با کد اقلیمی یکسان) استفاده کرد. لذا در این مطالعه، با رعایت شرایط دستورالعمل گیگا برای جو آبی هفت ایستگاه به‌عنوان ایستگاه‌های فرضی (تلخ‌بخش، میمه، چهچهه، مزینان، احمدآباد، حاجی‌آباد (خراسان جنوبی) و خواف) در نظر گرفته شده‌اند.

برآورد عملکرد پتانسیل جو آبی در RWSها با استفاده

از مدل SSM-iCrop2: برآورد عملکرد پتانسیل با استفاده از یک مدل شبیه‌سازی کارآمد، اولین گام برای تخمین مقادیر خلأ عملکرد گیاه زراعی جو در مناطق اصلی کشت آبی به‌حساب می‌آید. در این مطالعه از مدل SSM-iCrop2 (نسخه ساده‌تر SSM) برای شبیه‌سازی عملکرد پتانسیل جو در نقاط مختلف کشور استفاده شد (Soltani & Sinclair, 2012; Soltani et al., 2013). پارامتریابی و ارزیابی مدل مذکور برای بیش از ۳۰ گیاه زراعی و باغی انجام گرفته است (Soltani et al., 2020). پس از دقت و صحت‌سنجی مدل برای استفاده در نقاط مختلف کشور به‌منظور شبیه‌سازی مقادیر عملکرد و مراحل فنولوژیکی گیاه زراعی جو در هر دو شرایط کشت آبی و دیم (شکل ۲)، از آن برای محاسبه عملکرد پتانسیل در محدوده هر ایستگاه هواشناسی مرجع بر اساس دستورالعمل گیگا استفاده شد (Alasti, 2020). جمع‌آوری اطلاعات مدیریت زراعی، هواشناسی و نوع خاک هر ایستگاه با استفاده از منابع اطلاعاتی مختلف به‌ترتیب شامل متخصصین سازمان جهاد کشاورزی هر استان و کشاورزان محلی، سازمان هواشناسی و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کل کشور و اطلاعات مستخرج از نقشه پروفیل خاک HC-27، برای انجام این مطالعه صورت پذیرفته است. برآورد مقادیر عملکرد پتانسیل در هر RWS برای یک دوره بلندمدت ۱۵ ساله طی سال‌های زراعی ۸۰-۱۳۷۹ تا ۹۴-۱۳۹۳ با استفاده از اطلاعات دریافت شده انجام شد. برای اجرای مدل، اطلاعات مدیریت زراعی شامل تاریخ کاشت، شرایط آبیاری و ارقام گیاه زراعی جو بر اساس شرایط کشت آبی و یا دیم در مدل مشخص می‌شوند.

جدول ۱- خصوصیات خاک مناطق مختلف ایران بر اساس کد HC27 (Han et al., 2013)
Table 1- Soil grid code characteristics of different locations of Iran based on HC-27 (Han et al., 2013)

کد (باقت، حاصلخیزی و عمق) Code (Texture, Fertility and Depth)	عمق خاک SOLDEP (mm) (Soil Depth)	درصد کربن آلی SOC (Organic Carbon)	در عمق اول DEP1 (mm) (Initial Layer Depth)	ضریب آلبیدو SALB (Albedo Coefficient)	شماره منحنی برای محاسبه مقدار رواب CN (Curve No. for Runoff Calculating)	ضریب زهکشی DRAINF (Drainage Factor)	کسر حجمی رطوبت در زمان اشباع SAT (mm.mm ⁻¹) (Volumetric water content at saturation)	کسر حجمی رطوبت در نقطه ظرفیت زراعی DUL (mm.mm ⁻¹) (Volumetric water content at drained upper limit)	مقدار آب قابل دسترس EXTR (mm.mm ⁻¹) (Volumetric water content available for extraction)	کسر حجمی رطوبت در نقطه پژمردگی دائم (mm.mm ⁻¹) LL (Volumetric water content at crop lower limit)
HC2-Clay HF120	1200	>1.2	200	0.05	85	0.2	0.458	0.405	0.172	0.233
HC5-Clay MF120	1200	0.7-1.2	200	0.05	85	0.2	0.458	0.405	0.172	0.233
HC8-Clay LF120	1200	<0.7	200	0.05	85	0.2	0.458	0.405	0.172	0.233
HC11-Loam HF120	1200	>1.2	200	0.1	75	0.5	0.41	0.307	0.127	0.18
HC12-Loam HF060	1200	>1.2	200	0.1	75	0.5	0.41	0.307	0.127	0.18
HC13-Loam MF180	1200	0.7-1.2	200	0.1	75	0.5	0.41	0.307	0.127	0.18
HC14-Loam MF120	1200	0.7-1.2	200	0.1	75	0.5	0.41	0.307	0.127	0.18
HC17-Loam LF120	1200	<0.7	200	0.1	75	0.5	0.41	0.307	0.127	0.18
HC26-Sand LF120	1200	<0.7	200	0.15	65	0.75	0.365	0.169	0.096	0.073



شکل ۱- مقادیر مشاهده شده و شبیه سازی شده (a) روز تا رسیدگی برداشت گیاه زراعی جو بر پایه داده‌های مستخرج برای پارامتریابی مدل (Ahmadi et al., 2014; Ansarimaleki et al., 2009; Bagheri et al., 2015; Etesami et al., 2008; Ghaemi & Zamani, 2015;) (b) عملکرد دانه گیاه زراعی جو بر پایه داده‌های مستخرج برای پارامتریابی؛ (c) عملکرد دانه گیاه زراعی جو بر پایه داده‌های مستخرج مستقل برای ارزیابی مدل SSM-iCrop2 (Alazmani, 2014; Eyvazi, 2014; Ghasemi et al., 2004; Hamzei & Seyedi, 2014; Jamshid et al., 2017; Komeili & Sharifi, 2014; Mousavi & Seghatoleslami, 2011; Moosavi et al., 2014; Naghahi & Asgharipour, 2011; Ravari, 2003; Pourmotabbed et al., 2014; Saberi et al., 2014; Saeidi et al., 2013; Shafagh et al., 2015; Shirinzadeh et al., 2013; Tabarza et al., 2016; Vaezi & Ahmadihah, 2010; Yousefi Rad et al., 2016)

Fig. 1- Simulated versus observed values for (a) days to harvest maturity of barley based on the extracted reported data for model parameterization; (b) grain yield of barley based on the reported experiments for model parameterization; (c) grain yield of barley based on data of independent experiments that were used for evaluation

خطوط منقطع دامنه ± 10 و ± 20 درصد به ترتیب اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده و اندازه‌گیری شده روز تا رسیدگی برداشت (a) و عملکرد دانه (b و c) را نشان داده شده است. خط ممتد خط ۱:۱ است.

The ± 10 and ± 20 percent ranges of discrepancy between simulated and observed days to harvest maturity (a) and grain yield (b and c) are indicated by dashed lines, respectively. Solid line is 1:1 line.

as table در نرم‌افزار 10.3 ArcGIS، شهرستان‌ها و سطح زیر کشت جو در آن‌ها در محدوده هر ایستگاه هواشناسی مرجع مشخص گردید. سپس، از طریق وزن‌دهی به هر شهرستان بر اساس مقادیر سطح زیر کشت آن‌ها، میانگین وزنی عملکرد واقعی محدوده پوشش‌دهنده ایستگاه، به‌عنوان عملکرد واقعی هر RWS تعیین شد (Alasti et al., 2020).

RWS محاسبه عملکرد واقعی: برای محاسبه عملکرد واقعی

در هر از اطلاعات دریافت شده عملکرد واقعی شهرستانی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ از وزارت جهاد کشاورزی و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استفاده گردید. ابتدا فرض بر این شد که عملکرد واقعی تمامی اراضی جو آبی موجود در هر شهرستان برابر با میانگین عملکرد آن شهرستان است. سپس با کمک تابع Zonal statistics

تخمین خلأ عملکرد با استفاده از رویکرد پایین به بالا

در کشور: محاسبه خلأ عملکرد در هر ایستگاه مرجع طبق تعریف از اختلاف پتانسیل عملکرد (Y_p یا Y_w) با عملکرد واقعی صورت گرفت. ابتدا عملکرد پتانسیل جو به مدت ۱۵ سال زراعی بر اساس خاک‌های غالب در هر ایستگاه هواشناسی مرجع محاسبه شد. با توجه به مساحت اراضی و درصد غالبیت بافت خاک در محدوده هر RWS، با استفاده از رویکرد وزن‌دهی به هر کدام از انواع خاک موجود، میانگین وزنی عملکرد پتانسیل برای شرایط کشت آبی به صورت مجزا در هر ایستگاه مرجع محاسبه گردید. سپس بر اساس رویکرد گیگا، نتایج از مقیاس ایستگاه مرجع به مناطق اقلیمی اصلی و سپس به کل کشور تعمیم داده شد. عملکرد قابل حصول (۸۰ درصد عملکرد پتانسیل برآورد شده (Van Ittersum et al., 2013) و خلأ عملکرد قابل مدیریت (اختلاف بین عملکرد قابل حصول و عملکرد واقعی) (www.yieldgap.org) جو آبی برای کل کشور نیز بر اساس نتایج برآورد گردید.

نتایج و بحث

مناطق اقلیمی اصلی (DCZs) و ایستگاه‌های

هواشناسی مرجع (RWSs) کشت جو آبی: بر اساس نتایج به دست آمده، اغلب جو آبی در ۱۲ منطقه اقلیمی اصلی در کشور کشت می‌شود (شکل ۲ و جدول ۲). میانگین سطح زیر کشت جو آبی طی بازه سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۳ در مناطق اقلیمی اصلی آن ۷۳۴۹۹۳ هکتار می‌باشد. سهم مناطق اقلیمی اصلی انتخابی از کل سطح زیر کشت جو آبی بین ۱/۲۶ تا ۲۱/۷۷ درصد متغیر بوده و در مجموع، ۹۰ درصد آن را پوشش می‌دهد.

بیش از ۹۰ درصد از ایستگاه‌های مرجع انتخابی کشت جو در شرایط آبی بر اساس کد اقلیمی خود در اقلیم‌هایی با متوسط درجه روز رشد (GDD^1)، ۴۰۰۰ (۳۱۷۰-۳۷۹۱ سانتی‌گراد درجه روز)، ۵۰۰۰ (۵۹۴۰-۴۸۳۰ سانتی‌گراد درجه روز) و ۶۰۰۰ (۷۰۱۱-۵۹۵۰ سانتی‌گراد درجه روز) قرار گرفته‌اند (جدول ۲). تعداد ۴۸ ایستگاه هواشناسی مرجع بر اساس دستورالعمل گیگا در DCZهای کشت جو آبی انتخاب شدند و از بین ۴۸ ایستگاه انتخابی، ۴۱ ایستگاه مرجع (RWS) و ۷ ایستگاه مرجع فرضی (HYP RWS) بودند (جدول ۳).

عملکرد واقعی، عملکرد پتانسیل و خلأ عملکرد جو در شرایط کشت آبی طبق دستورالعمل گیگا:

عملکرد واقعی: دامنه عملکرد واقعی طی ۱۵ سال زراعی مذکور برای جو آبی با استفاده از دستورالعمل گیگا بین ۲۳۴۴ و ۳۳۰۴ کیلوگرم در هکتار متغیر و متوسط آن ۳۰۰۹ کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین عملکرد واقعی محاسبه شده در ایستگاه شهرضا (شماره ایستگاه ۳۴) با مقدار ۴۲۸۵ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین آن در ایستگاه زابل (شماره ۴۰) با مقدار ۱۴۰۸ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۳- a). همچنین دامنه تغییرات عملکردهای واقعی ثبت شده توسط وزارت کشاورزی طی این ۱۵ سال برای جو آبی بین ۲۲۷۸ و ۳۴۵۱ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۲۹۰۷ کیلوگرم در هکتار بوده است. مقایسه بین نتایج عملکرد واقعی حاصل از دستورالعمل گیگا و نتایج گزارش شده عملکرد واقعی توسط وزارت کشاورزی برای جو آبی نشان‌دهنده مقادیر ضریب همبستگی، نشان داد که با استفاده از دستورالعمل مذکور می‌توان با دقت بسیار خوبی عملکرد متوسط جو آبی کشور را محاسبه نمود. بر اساس مطالعات قبلی، مقایسه بین عملکرد واقعی محاسبه شده با استفاده از این دستورالعمل با میانگین عملکرد واقعی گزارش شده در ایران برای سوپا (Nehbandani, 2017) و گندم (Zahed, 2018)، سوپا، گندم و ذرت در آرژانتین (Aramburu Merlos et al., 2015) و همچنین گندم در استرالیا (Gobbet et al., 2017) نشان‌دهنده توانایی و دقت بالای این دستورالعمل برای محاسبه و تعمیم نتایج در مقیاس کشوری بوده است. لذا نتایج به دست آمده حاصل از روش گیگا در محاسبه متوسط عملکرد واقعی گندم در سطح کشور، ادامه کار را برای کاربرد بهینه آن به منظور شبیه‌سازی عملکرد پتانسیل و محاسبه خلأ عملکرد برای مناطق مهم تولید جو آبی تسهیل نمود. میانگین مربعات خطا و ضریب تغییرات به ترتیب برابر با ۰/۹۶، ۱۳۳ کیلوگرم در هکتار و ۴/۵۹ درصد بود (شکل ۳- b). نتایج مقایسه با استفاده از پروتکل گیگا، متوسط عملکرد محاسبه عملکردهای واقعی برای مقیاس بالاتر این مطالعه در بین اقلیم‌های اصلی کشت جو آبی کشور نشان داد که کمترین و بیشترین مقادیر به ترتیب به مناطق اقلیمی ۴۱۰۲ و ۶۱۰۲ تعلق دارند (جدول ۳).

تعمیم نتایج به مناطق اقلیمی اصلی کشت نشان داد که بیشترین عملکرد واقعی در مناطقی مشاهده می‌شود که دارای کد اقلیمی با

1- Growth Degree Days

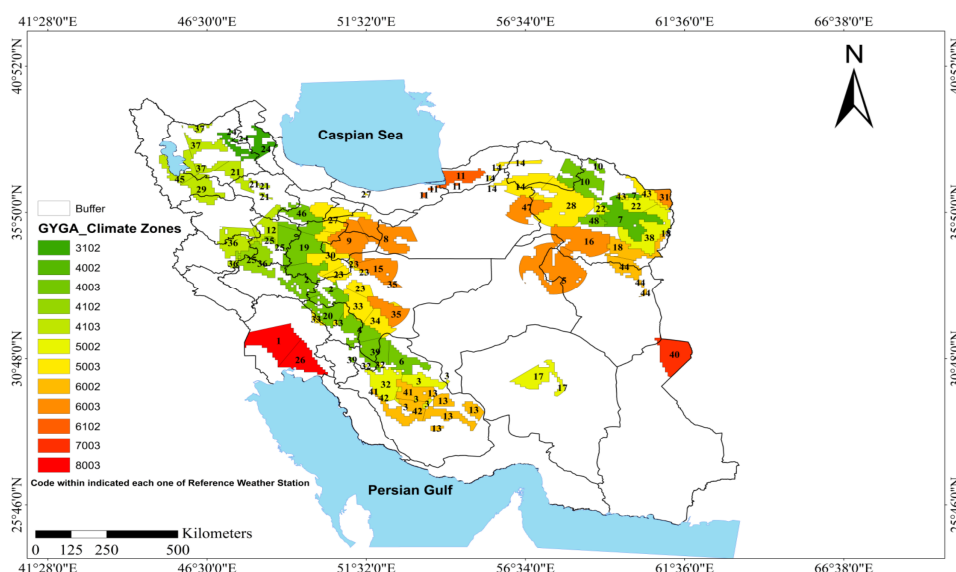
عملکرد پتانسیل و خلأ عملکرد و تولید جو آبی

مقدار متوسط عملکرد پتانسیل در مناطق اصلی تولید جو آبی در کشور در بازه زمانی ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ برابر ۷۰۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد (جدول ۳). در این مناطق، دامنه عملکرد پتانسیل بین ۵۰۷۴ کیلوگرم در هکتار در ایستگاه امیدیه (پایگاه) (ایستگاه شماره ۲۶) و ۹۸۳۹ کیلوگرم در هکتار در ایستگاه شهرکرد (شماره ۳۳) متغیر بود (شکل ۵).

تعمیم نتایج به مناطق اقلیمی اصلی کشور نشان داد که بیشترین و کمترین متوسط عملکرد پتانسیل برآورد شده به ترتیب به مناطق اقلیمی ۴۱۰۲ (ایستگاه هاشم آباد) و ۸۰۰۳ (ایستگاه‌های اهواز و امیدیه (پایگاه)) تعلق دارند. بررسی بین متوسط سالانه GDD تجمعی با متوسط عملکرد پتانسیل برآورد شده در مناطق اصلی کشت جو آبی کشور بیانگر رابطه معنادار معکوس ($r = -0.86$ ، $p < 0.01$) می‌باشد. یعنی با افزایش متوسط دمای تجمعی در هر منطقه اقلیمی، عملکرد پتانسیل کاهش پیدا کرده است (شکل ۶-ا). همچنین، با کاهش تعداد روز مورد نیاز برای رسیدن به مرحله رسیدگی برداشت ناشی از افزایش GDD در کدهای اقلیمی تعیین شده نیز عملکرد پتانسیل به صورت خطی کاهش معناداری ($r = -0.88$ ، $p < 0.01$) پیدا می‌کند (شکل ۶-ب). بر اساس نتایج به دست آمده، کمترین میانگین عملکرد پتانسیل در اقلیم‌هایی برآورد شد که دارای متوسط سالانه GDD بالاتری بوده و طول دوره رشد گیاه برای طی کردن مراحل فنولوژیکی در آن‌ها کوتاه‌تر می‌باشد. تأثیر طول دوره رشد بر عملکرد پتانسیل می‌تواند ناشی از میزان دریافت تشعشع توسط گیاه برای فتوسنتز و تولید دانه در شرایط پتانسیل باشد. در شرایط بالقوه تولید، مقادیر تشعشع دریافتی اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده در برآورد مقادیر عملکرد گیاه زراعی می‌باشد (van Ittersum et al., 2003). در اقلیم‌های اصلی کشت جو آبی در کشور بین میانگین عملکرد پتانسیل با تشعشع دریافت شده در کل فصل رشد گیاه ارتباط خطی معناداری ($r = -0.98$ ، $p < 0.01$) مشاهده شد (شکل ۶-ج). بررسی همبستگی بین میانگین عملکرد پتانسیل با تشعشع دریافت شده و طول دوره رشد نشان‌دهنده ارتباط معنادار این سه مؤلفه با یکدیگر به صورت معناداری می‌باشد ($r = -0.98$ ، $p < 0.01$). با افزایش طول دوره رشد و تشعشع دریافت شده، میانگین عملکرد پتانسیل در مناطق اقلیمی انتخابی بیشتر می‌باشد (شکل ۷).

متوسط سالانه درجه روز رشد (GDD) بین محدوده ۴۰۰۰ تا ۶۰۰۰ درجه سانتی‌گراد (بر اساس پهنه‌بندی گیگا) می‌باشند (جدول ۳ و شکل ۳-ا). با افزایش متوسط سالانه درجه روز رشد و گرم‌تر شدن مناطق بر اساس کد اقلیمی تعیین شده، طول دوره رشدی گیاه برای طی کردن مراحل فنولوژیکی به صورت خطی روند کاهشی معناداری پیدا می‌کند (شکل ۴-ا).

پایین بودن مقادیر عملکرد واقعی در مناطق اقلیمی با متوسط سالانه GDD بیش‌تر از ۶۰۰۰ درجه سانتی‌گراد (شکل ۴-ا) می‌تواند ناشی از کاهش طول دوره رشدی گیاه جو به دلیل تأمین سریع‌تر درجه حرارت تجمعی مورد نیاز برای طی کردن مراحل مختلف نمو فنولوژیکی و یا مواجهه با تنش گرمایی انتهای فصل رشد (مناطق با GDD بالاتر از ۷۰۰۰ درجه سانتی‌گراد) (شکل ۴-ب) در این مناطق باشد (Hughes & Dunn, 1990). با کاهش طول دوره رشد ناشی از افزایش دما در مناطق اقلیمی با GDD بالا، سرعت نمو برای طی کردن فاز انتقال از رشد رویشی به زایشی افزایش پیدا می‌کند. با افزایش سرعت نمو مراحل فنولوژیکی از جوانه‌زنی تا شروع پر شدن دانه‌ها و سپس از پر شدن دانه‌ها تا مرحله رسیدگی، به ترتیب تعداد و وزن دانه‌ها کمتر می‌شود (Hatfield & Prueger, 2015). روند نزولی عملکرد واقعی به صورت معادله درجه دوم با افزایش GDD در مناطق اقلیمی اصلی می‌تواند ناشی از این موضوع باشد ($r = -0.80$ ، $p < 0.01$) (شکل ۴-ب). همچنین در ایستگاه مرجع زابل با کد ۴۰ (شکل ۳-ا) که نوبت‌های آبیاری به علت مشکل کمبود آب کاهش پیدا می‌کند (Ghanbari et al., 2009)، داشتن پایین‌ترین عملکرد واقعی در مقایسه با سایر ایستگاه‌های مرجع انتخابی کشت جو آبی می‌تواند قابل پیش‌بینی باشد. بنابراین، مدیریت زراعی متفاوت می‌تواند بیشترین تأثیر را بر روی حصول عملکردهای واقعی در مناطق مختلف اقلیمی گذاشته و علاوه بر عوامل اقلیمی یا اداپتیکی باعث اختلاف عملکرد در مناطق مورد مطالعه باشد. برای مثال بررسی انجام شده در ۷۰۰ مزرعه گندم در استان گلستان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۲-۹۳ و ۱۳۹۳-۹۴ نشان داد که عوامل مدیریتی مانند تاریخ‌های کاشت نامناسب، تراکم‌های نامطلوب، مدیریت ناکارآمد استفاده از کودها و عدم استفاده بهینه از نوبت‌های آبیاری از دلایل اصلی عملکرد واقعی پایین در مزارع کشاورزان بوده است (Hajjarpoor, 2016).

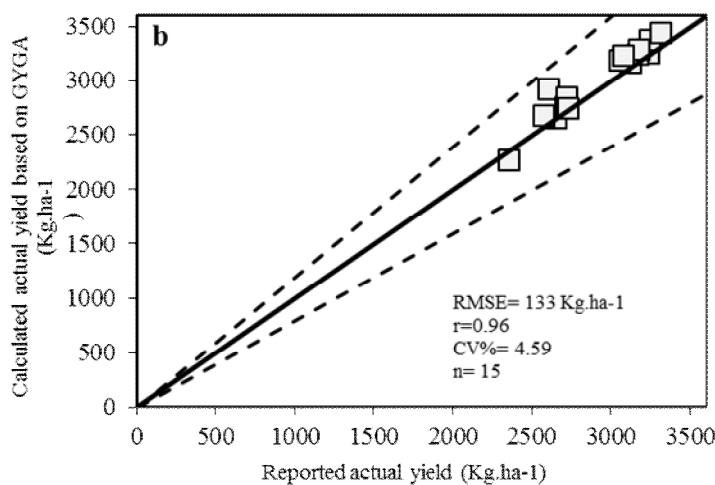
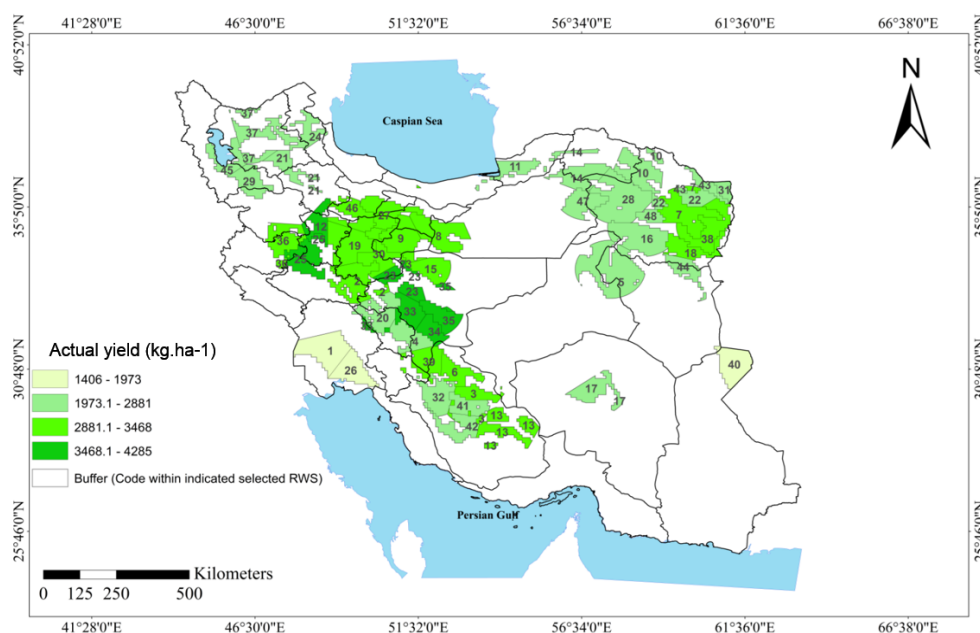


شکل ۲- بافر ایستگاه‌های هواشناسی مرجع در مناطق اقلیمی اصلی کشت جو آبی ایران طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳
Fig. 2. The buffer of reference weather stations (RWSs) within designated climate zones (DCZs) of irrigated barley harvested areas in Iran during 2014-2016

جدول ۲- مناطق اقلیمی اصلی تولید جو آبی، تعداد ایستگاه‌های مرجع (RWS) و مقادیر سطح زیر کشت (هکتار) در هر منطقه اقلیمی و درصد سهم هر یک از آن‌ها از کل اراضی کشت جو آبی (۷۳۴۹۹۳ هکتار) کشور طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳

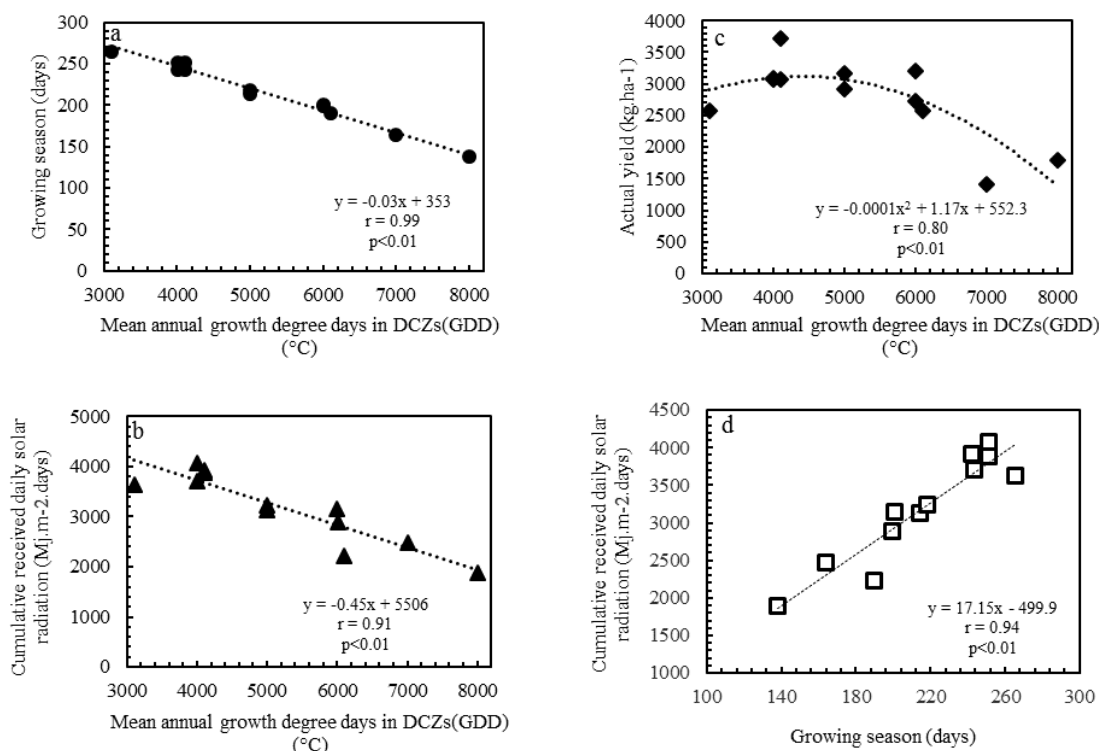
Table 2- Designated climate zones (DCZ) in irrigated barley production areas, the Numbers of Reference Weather Stations (RWSs) and the values of harvested area (ha) in each climate zone, the percentage of total national irrigated (734993 ha) harvested area in the DCZs during 2014-2016

کد اقلیمی Climate zone code	نسبت سطح زیر کشت جو آبی در هر اقلیم به کل کشور The percentage of irrigated barley harvested area in each DCZ to total national irrigated barley harvested area (%)
تعداد RWS در منطقه اقلیمی کشت جو آبی The number of RWSs in each DCZ of irrigated barley harvested area	تعداد ایستگاه‌های مرجع (RWS) و مقادیر سطح زیر کشت (هکتار) در هر منطقه اقلیمی و درصد سهم هر یک از آن‌ها از کل اراضی کشت جو آبی (۷۳۴۹۹۳ هکتار) کشور طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۳
The harvested area in each DCZ (ha)	The percentage of irrigated barley harvested area in each DCZ to total national irrigated barley harvested area (%)
3102	18684
4002	19582
4003	108059
4102	27223
4103	43060
5002	71515
5003	160023
6002	42465
6003	118489
6102	12648
7003	9262
8003	27908
جمع SUM	658918



شکل ۳- عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار) جو آبی در ایستگاه‌های هواشناسی مرجع (a) (برای نام ایستگاه‌ها به همراه کد تعیین شده در نقشه به جدول ۳ مراجعه شود)؛ میانگین عملکرد واقعی (کیلوگرم در هکتار) ثبت شده توسط سازمان جهاد کشاورزی در مقابل عملکرد واقعی محاسبه شده توسط دستورالعمل گیگا طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۴ برای گیاه زراعی جو آبی در سطح کشور (b) (خط ۱:۱ و خطوط $\pm 20\%$ درصد اختلاف (نقطه چین) در شکل نشان داده شده‌اند).

Fig. 3- Irrigated barley actual yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) in Reference weather stations (RWSs) (the name of the RWSs which were identified as a No. in the map, is located in table (3) (a); the average actual yield ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) of the country reported by Ministry of Agriculture versus the actual yield of the country calculated by the GYGA method for irrigated barley. Time period is 2000 to 2014. (The $\pm 20\%$ discrepancy lines are indicated by dashed lines. Solid line is 1:1 line (b))



شکل ۴- ارتباط بین میانگین سالانه درجه روز رشد (GDD) (°C) در مناطق اقلیمی اصلی کشت جو آبی با طول دوره رشد (a)؛ کل تشعشع دریافتی تجمعی طی دوره رشد (b)؛ عملکرد واقعی (kg.ha⁻¹) و رابطه بین طول دوره رشد و کل تشعشع دریافتی تجمعی طی دوره رشد در مناطق اقلیمی اصلی کشت جو آبی

Fig. 4- Relationship between mean annual Growth Degree Day (GDD) in designated climate Zones (DCZs) and growing season (day) (a); Cumulative received daily solar radiation during growing season (Mj.m⁻².day⁻¹); actual yield (kg.ha⁻¹) and the relationship between growing season and Cumulative received daily solar radiation in DCZs of irrigated barley harvested areas

اقلیمی اصلی بود). همچنین دریافت میزان کم‌تر تشعشع در این منطقه اقلیمی در مقایسه با مناطق دیگر (میزان دریافت تشعشع تجمعی طی فصل رشد در منطقه اقلیمی ۸۰۰۳ حدود ۴۰ درصد از میانگین کل در مناطق اقلیمی تعیین شده کم‌تر بود)، دلیل دیگری بر عملکرد پتانسیل برآورد شده پایین آن‌ها است.

میانگین مقدار خلاً عملکرد جو آبی در کشور برای دوره زمانی مذکور برابر ۴۰۸۱ کیلوگرم در هکتار تخمین زده شد (جدول ۳). بیشترین مقدار خلاً عملکرد ۶۲۰۹ کیلوگرم در هکتار در ایستگاه سقز (شماره ایستگاه ۲۹) و کمترین در ایستگاه سرخس (شماره ایستگاه ۳۱) با مقدار ۲۸۴۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید (شکل ۸). خلاً عملکرد محاسبه شده در مناطق مختلف از نظر مقدار دارای اختلاف زیادی می‌باشند که دلیل آن را می‌توان تماماً ناشی از مدیریت تولید

پراکنش ایستگاه‌های مرجع با بیشترین میزان عملکرد پتانسیل در بین ایستگاه‌های انتخابی اغلب متمایل به سمت شمال غربی و غرب کشور (مانند ایستگاه ارومیه، شهرکرد، الیگودرز و سقز) بود، در حالی که کمترین عملکرد پتانسیل در ایستگاه‌های واقع در جنوب و جنوب غربی کشور (امیدیه (پایگاه) و اهواز) یعنی مناطق اقلیمی با GDD بیشتر از ۸۰۰۰ درجه سانتی‌گراد مشاهده شد (جدول ۳). در مناطق اقلیمی گرم‌تر که دارای متوسط سالانه GDD بالاتری هستند، مراحل فنولوژیکی گیاه به دلیل تأمین سریع‌تر نیاز حرارتی زودتر حادث می‌شوند که می‌تواند زمان طی شدن مراحل مهم تولید در گیاه مثل طول دوره پر شدن دانه را کاهش دهد (طول دوره پر شدن دانه در منطقه اقلیمی ۸۰۰۳ حدود ۱۰ درصد کم‌تر از میانگین کل مناطق

متفاوت در هر منطقه دانست. مقدار عملکرد نسبی (درصد) (نسبت عملکرد واقعی به عملکرد پتانسیل) در اقلیم‌های اصلی تعیین شده بین ۲۴ تا ۵۰ درصد با میانگین ۴۲ درصد برای جو آبی در کشور برآورد گردید، که نشان‌دهنده ۵۸ درصد خلأ عملکرد جو آبی در کشور بود (جدول ۳). یکی از دلایل تغییرات خلأ عملکرد طی شرایط پتانسیل در نقاط مختلف کشور اغلب به عملکردهای واقعی گزارش شده پایین در سطح مزارع کشاورزان ارتباط پیدا می‌کند. با بهبود مسائل مدیریت زراعی در هر منطقه می‌توان خلأ عملکرد موجود برای گیاهان زراعی مختلف را طی شرایط کشت آبی محصولات زراعی کاهش داد. برای رسیدن به ۸۰ درصد عملکرد پتانسیل (عملکرد قابل حصول) در سطح مزارع جو آبی، مقدار عملکرد واقعی باید از میانگین ۳۰۰۹ به ۵۶۷۲ کیلوگرم در هکتار در سطح کشور برسد تا ۴۷ درصد خلأ عملکرد موجود طی این شرایط قابل مدیریت باشد.

بر اساس سطح زیر کشت مناطق اقلیمی اصلی (جدول ۳) و تعمیم نتایج به کل کشور، میانگین مقادیر تولید واقعی و خلأ تولید به ترتیب حدود ۲/۲۱ و ۲/۹۹ میلیون تن برآورد شده است. مقادیر متوسط پتانسیل تولید در ۱۲ منطقه اقلیمی انتخاب شده بین ۵۴ هزار تن (منطقه اقلیمی ۷۰۰۳) تا ۱/۱۱ میلیون تن (منطقه اقلیمی ۵۰۰۳) برآورد شده است. همچنین، بیشترین و کمترین میزان خلأ تولید به ترتیب در مناطق اقلیمی ۵۰۰۳ با متوسط ۰/۶ میلیون تن و ۶۱۰۲ با متوسط ۴۰ هزار تن در سال مشاهده می‌شود. طبق محاسبات صورت گرفته بر پایه تولید واقعی و پتانسیل، متوسط میزان درصد خلأ تولید جو آبی در مناطق اقلیمی مذکور بین ۵۰ تا ۷۶ با متوسط ۵۸ درصد متغیر می‌باشد. براساس نتایج به دست آمده، با انجام مدیریت زراعی مناسب می‌توان با رسیدن به مقدار قابل حصول تولید در کشور یعنی حدود ۴/۱۷ میلیون تن، تقریباً ۱/۹۵ میلیون تن خلأ قابل مدیریت (حاصل اختلاف تولید واقعی از تولید قابل حصول) را جبران نمود و کشور را به سطح خودکفایی در تولید این محصول مهم زراعی نزدیک‌تر کرد. بررسی میزان خلأ عملکرد گیاهان زراعی مهم در نقاط مختلف دنیا می‌تواند به شناخت بهتر وضعیت تولید در کشور کمک کند.

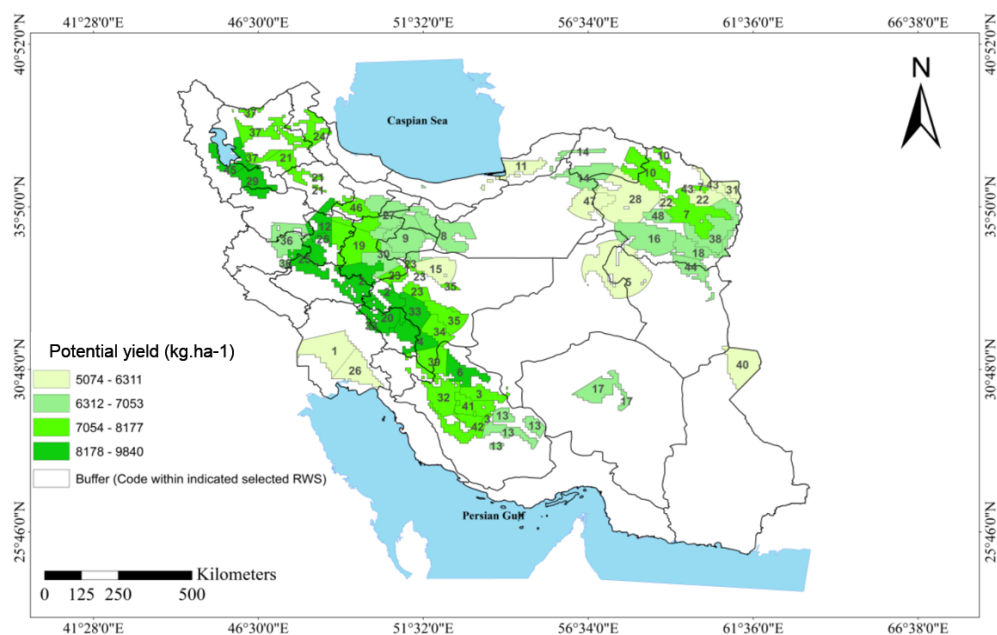
محاسبه عملکرد پتانسیل و خلأ عملکرد گندم در شمال چین نشان داد که با در نظر گرفتن امکان دستیابی به ۸۰ درصد از عملکرد پتانسیل، میانگین عملکرد واقعی در این منطقه را می‌توان به میزان یک تن در هکتار یا ۱۸ درصد افزایش داد (Lu & Fan, 2013).

همچنین، عملکرد پتانسیل ذرت طی شرایط تشعشع محدود (Yp) و آب محدود (Yw) در چهار منطقه اقلیمی اصلی کشور چین به ترتیب ۱۴/۲ و ۱۰/۷ تن در هکتار برآورد شده است. میزان خلأ عملکرد (درصد) در این منطقه در شرایط کشت آبی و دیم ذرت به ترتیب ۴۲ و ۳۵ درصد محاسبه شده است. نتایج آن‌ها مواجهه با دماهای پایین و دریافت تشعشع خورشیدی کم‌تر در طول دوره رشد را از عوامل کاهش عملکرد نسبی ذرت گزارش نموده‌اند (Liu et al., 2017). طی بررسی دیگری مقدار خلأ عملکرد گندم در آلمان حدود ۱/۹ تن در هکتار معادل ۲۰ درصد خلأ برآورد شده است که نشان‌دهنده عملکرد واقعی بالا (بیش‌تر از ۷/۵ تن در هکتار) در این کشور می‌باشد (Van Wart et al., 2013).

در مطالعه دیگر با استفاده از مدل WOFOST و دستورالعمل گیگا عملکرد پتانسیل (Yp) و عملکرد پتانسیل در شرایط آب محدود گندم در کشور رومانی دارای تنوع اقلیمی بالا (حدود ۲۶ منطقه اقلیمی مختلف) برآورد شده است (Knol, 2016). نتایج این مطالعه نشان داد که متوسط پتانسیل عملکرد طی نه سال زراعی در سطح اقلیم‌های اصلی انتخابی حدود ۶۹۰۰ تا ۸۰۰۰ در هکتار و عملکرد پتانسیل آب محدود بین ۵۷۰۰ تا ۷۱۲۸ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین خلأ عملکرد بین ۳۵ تا ۷۰ درصد در این منطقه برآورد شده است.

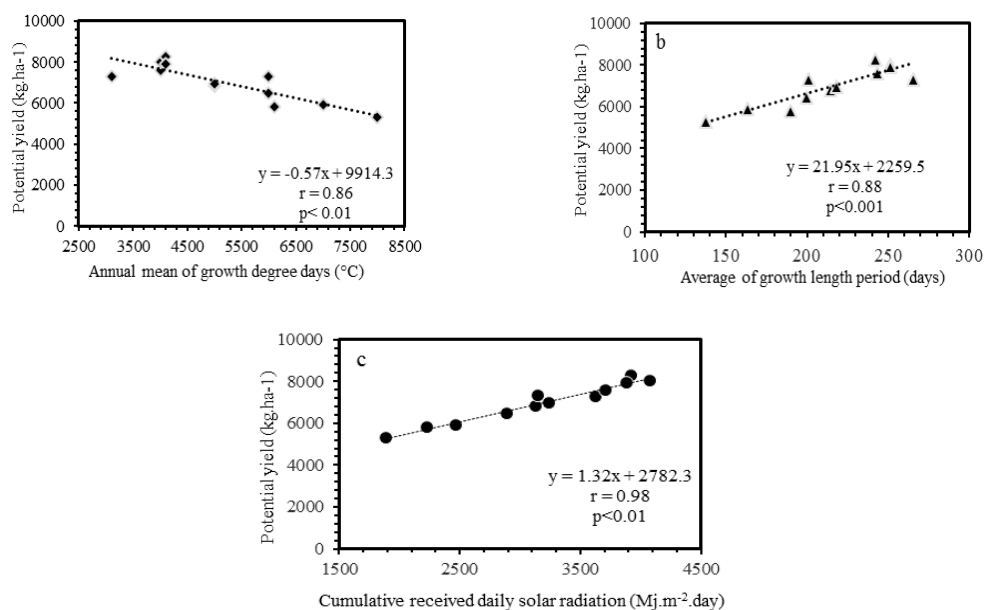
نتایج محاسبه خلأ عملکرد گندم در ایران نشان می‌دهد که متوسط مقادیر در محدوده ۱۶۴۶ تا ۴۴۷۰ کیلوگرم در هکتار (بین ۲۹ تا ۵۸ درصد خلأ عملکرد) متغیر می‌باشد. در این مطالعه، بین عوامل اقلیمی، اثر بارندگی و تشعشع بر عملکرد پتانسیل گندم مثبت و اثر دما منفی بود. در بین این متغیرها نیز بارندگی بیشترین تأثیر را بر عملکرد پتانسیل گندم داشت (Koocheki et al., 2017).

همچنین، نتایج حاصل از مطالعه بر اساس دستورالعمل گیگا نشان داد که پتانسیل عملکرد برآورد شده گندم آبی در ایران به طور میانگین ۸۸۲۱ کیلوگرم در هکتار می‌باشد، در حالی که عملکرد واقعی محاسبه شده ۳۳۷۸ کیلوگرم در هکتار بود. بنابراین، مقدار خلأ عملکرد گندم آبی به طور متوسط ۵۴۴۳ کیلوگرم در هکتار برای ایران برآورد شده است.



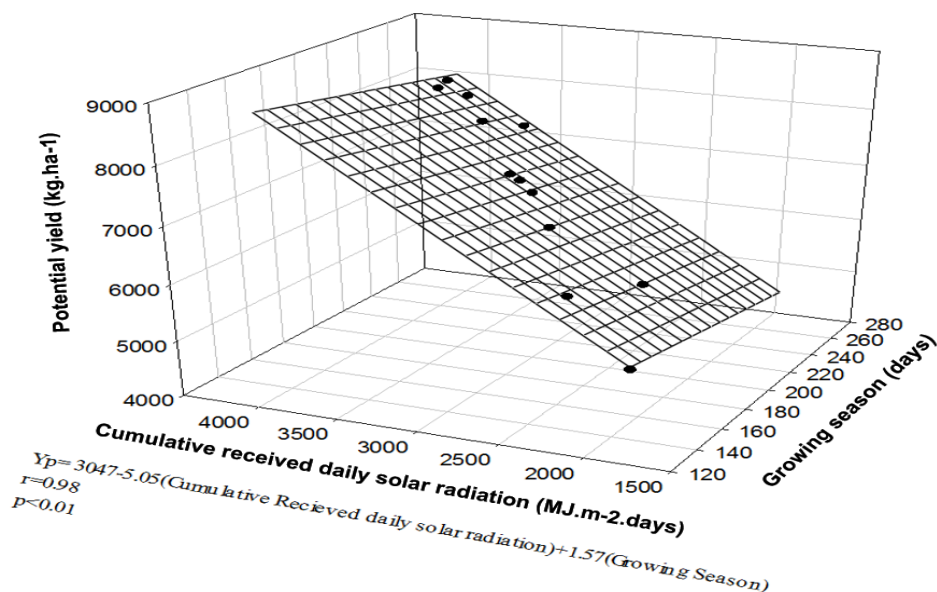
شکل ۵- نقشه پتانسیل عملکرد در ایستگاه‌های هواشناسی مرجع کشت جو آبی کشور (برای نام ایستگاه‌ها به همراه کد تعیین شده در نقشه به جدول ۳ مراجعه شود).

Fig. 5. Potential yield (kg.ha^{-1}) in the Reference weather stations (RWSs) of irrigated harvested areas (the name of the RWSs which were identified as a No. in the map, is located in table (3).



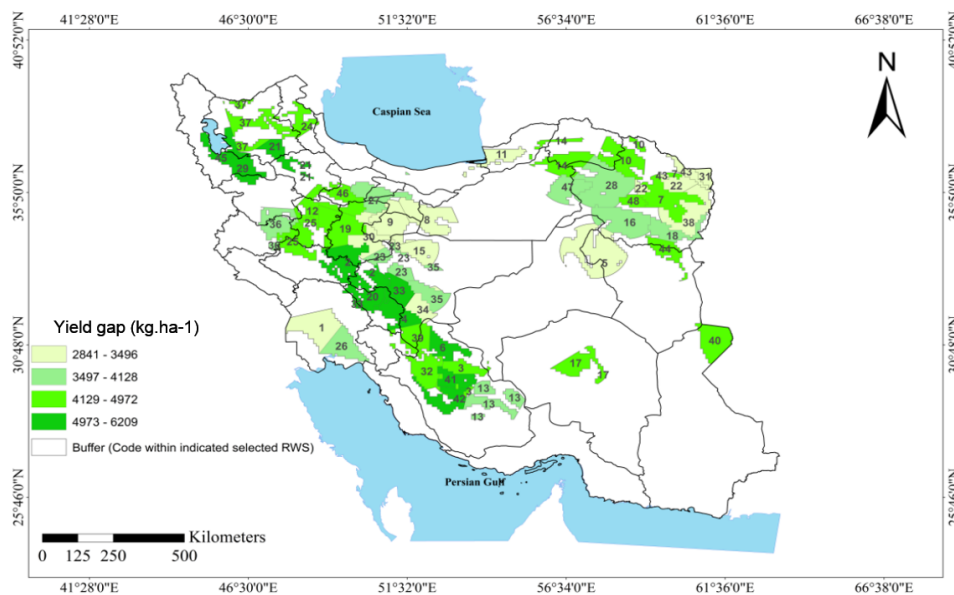
شکل ۶- ارتباط بین مقدار عملکرد پتانسیل با میانگین سالانه درجه روز رشد (درجه سانتی‌گراد) (a)، میانگین تعداد روز تا رسیدگی برداشت (b) و میانگین تابش دریافت شده تجمعی (مگاژول بر مترمربع در روز) طی دوره رشد (c) در اقلیم‌های اصلی کشت جو آبی کشور

Fig. 6- Relationship between Potential yield values and mean annual growth degree day °C (GDD) (a); average of growth length period (b) and cumulative received daily solar radiation ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}$) in DCZs of cultivated barley of Iran



شکل ۷- ارتباط بین تغییرات میانگین عملکرد پتانسیل (کیلوگرم در هکتار) با طول دوره رشد (روز) و میانگین کل تابش دریافت شده تجمعی (مگاژول بر مترمربع در روز) طی دوره رشد در مناطق اقلیمی اصلی کشت جو آبی کشور

Fig. 7- Relationship between average potential yield values, growing season (day) and cumulative received daily solar radiation ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{day}$) in DCZs of cultivated irrigated barley of Iran



شکل ۸- نقشه خلأ عملکرد (کیلوگرم در هکتار) جو آبی در ایستگاه‌های هواشناسی انتخابی کشور (برای نام ایستگاه‌ها به همراه کد تعیین شده در نقشه به جدول ۳ مراجعه شود)

Fig. 8- Irrigated barley yield gap (kg.ha^{-1}) in Reference weather stations (RWSs) (the name of the RWSs which were identified as a No. in the map, is located in table (3))

به عبارت دیگر حدود ۶۲ درصد خلأ عملکرد در مزارع گندم آبی در کشور مشاهده گردید (Zahed, 2018). با وجود اهمیت زیاد جو در کشور، اما هنوز در مقیاس منطقه ایران گزارش جامعی از مقادیر خلأ عملکرد موجود در زمین‌های زراعی برای مقایسه با نتایج حاضر ارائه نشده است.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که جو آبی به‌طور عمده در ۱۲ منطقه اقلیمی تولید می‌شود. در این ۱۲ منطقه ۴۸ ایستگاه مرجع برای زمین‌های زیر کشت آن وجود دارد. این مناطق اقلیمی ۹۰ درصد کل اراضی سطح زیر کشت جو آبی کشور را پوشش می‌دهند. دامنه میانگین عملکردهای واقعی محاسبه شده در مناطق اقلیمی اصلی کشت جو آبی به‌ترتیب بین محدوده ۱۴۰۶ تا ۳۷۲۳ کیلوگرم در هکتار متغیر بوده و میانگین آن ۳۰۰۹ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. مقادیر عملکرد پتانسیل در این مناطق بین ۵۲۸۳ تا ۸۲۸۶ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۷۰۹۰ کیلوگرم در هکتار برآورد شد. در مناطق اقلیمی

اصلی کشت جو آبی بین ۳۳۳۷ تا ۴۹۶۷ کیلوگرم در هکتار یعنی بین ۵۰ تا ۷۶ درصد خلأ و به‌صورت میانگین ۴۰۸۱ کیلوگرم در هکتار معادل ۵۸ درصد خلأ عملکرد مشاهده شد. یعنی کشاورزان در این مناطق فقط به ۲۴ تا ۵۰ درصد پتانسیل عملکرد خود دست پیدا می‌کنند. با در نظر گرفتن عملکرد قابل حصول به‌عنوان عملکرد هدف، بین ۱۹۹۶ تا ۳۳۸۱ و به‌طور متوسط ۲۶۶۳ کیلوگرم در هکتار خلأ عملکرد قابل مدیریت (exploitable yield gap) برای جو آبی وجود دارد. در صورت رفع ۸۰ درصد از خلأ موجود در کشور کل تولید جو آبی را از حدود ۲/۲۱ میلیون تن به‌حدود ۴/۱۷ میلیون تن رسانده و در نتیجه، با افزایش تولید معادل حدود ۴۹۰ میلیون دلار در واردات دانه جو صرفه‌جویی کرده و در امر تولید آن در کشور خودکفا شد.

سپاسگزاری

از سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی کشور که در ارائه اطلاعات و داده‌های لازم برای انجام این مطالعه همکاری داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌گردد.

References

- Ahmadi, A., Hosseinpour, T., and Soltani, M., 2014. Effects of seed density on the yield and its components of three genotypes of rainfed barley. *Agronomy Journal* 102: 131-140. (In Persian with English Summary)
- Alazmani, A., 2014. Effect of nitrogen fertilizer on feed and grain yield of barley cultivar. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences* 8(11): 2013-2015.
- Alasti, O., 2011. The accuracy of forecasting wheat yield in Mashhad conditions using CERES-Wheat model and simulated radiation. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- Alasti, O., 2020. Modeling potential production and gap production of barley under current and future climates of Iran. PhD Dissertation. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural, Gorgan, Iran.
- Alasti O., Zeinali, E., Soltani, A., Torabi, B., 2020. Estimation of yield gap and the potential of rainfed barley production increase in Iran. *Journals of Crop Production* 13(3): 41–60.
- Anderson, W., Johansen, C., and Siddique, K.H.M., 2016. Addressing the yield gap in rainfed crops: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1): 1–13.
- Ansari Maleki, Y., Jafarzadeh, J., Vaezi, B., Hosseinpour, T., and Ghasemi, M., 2009. Study on adaptability and grain yield stability of barley genotypes in warm rainfed areas. *Seed and Plant Breeding* 25(1): 297-313. (In Persian with English Summary)
- Aramburu Merlos, F., Monzon, J.P., Mercau, J.L., Taboada, M., Andrade, F.H., Hall, A.J., Jobbagy, E., Cassman, K.G., and Grassini, P., 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research* 184: 145–154.
- ArcGIS [GIS software]., 2014. Version 10.3, Environmental Systems Research Institute, Inc. CA.
- Bagheri, H., Jamshidi, S., and Andalibi, B., 2015. Comparison of agronomic characteristics of promising dryland barley genotypes with a conventional cultivar in Miyaneh region. *Journal of Crop Production and Processing* 4(14): 63-76.
- Boogaard, H., Wolf, J., Supit, I., Niemeyer, S., and van Ittersum, M., 2013. A regional implementation of WOFOST for calculating yield gaps of autumn-sown wheat across the European Union. *Field Crops Research* 143: 130–142.

- Cuesta-Marcos, A., Kling, J.G., Belcher, A.R., Filichkin, T., Fisk, S.P., Graebner, R., Helgersson, L., Herb, D., Meints, B., Ross, A.S., Hayes, P.M., and Ulrich, S.E., 2015. Barley: Genetics and Breeding, In: Encyclopedia of Food Grains: Second Edition. Elsevier, pp. 287–295.
- Deng, N., Grassini, P., Yang, H., Huang, J., Cassman, K.G., and Peng, S., 2019. Closing yield gaps for rice self-sufficiency in China. *Nature Communications* 10 (1725):1-9.
- Etesami, M., Galeshi, S., Soltani, A., and Nooriani, A., 2008. Investigation of changes harvest index, yield and grain yield components in modern and old barley genotype. (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15(5): 19-25. (In Persian with English Summary)
- Eyvazi, A.R., 2014. Effect of sowing date on resistance to chilling stress in winter and spring genotypes of barley. *Journal of Crop Production and Processing* 4(13): 281-294. (In Persian with English Summary)
- Food and Agriculture Organization (FAO)., 2018. The FAOSTAT Database. Available at Web site <http://faostat.fao.org/default.aspx> (verified September 2019)
- Ghaemi, A.A., and Zamani, B., 2015. Effect of different level of water stress and nitrogen fertilizer on yield and yield components of barley in Badjgah (Fars province). *Journal of Water and Soil* 29(4): 954-965. (In Persian with English Summary)
- Ghanabari, A., Karbasi, A.R., Ahmadian, A., and Ghasemi, H., 2009. A Perspective Toward Water Crisis Management in Sistan, the Barriers and Solutions. 1th International Conference of Water Crisis.
- Ghasemi, M., Vahabzadeh, M., Khalilzadeh, G., Gharib Eshghi, A., 2004. Study on grain yield, yield components and green fodder of triticale and barley cultivars. *Seed and plant* 20(3): 345-357. (In Persian with English Summary)
- Gobbett, D.L., Hochman, Z., Horan, H., Navarro Carcia, J., Grassini, P., and Cassman, K.G., 2016. Yield gap analysis of rainfed wheat demonstrates local to global relevance. *The Journal of Agricultural* 115(2): 282-299.
- Grassini, P., Cassman, K.G., and Van Ittersum, M., 2017. Exploring maize intensification with the Global Yield Gap Atlas. *Better Crop. with Plant Food* 101(2): 7–9.
- Hajjarpoor, A., 2016. Evaluation of wheat yield gap in Golestan province. Ph.D. Dissertation, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. (In Persian with English Summary)
- Hamzei, J., and Seyedi, M., 2014. Responses of soil bulk density, some of agronomic characteristics and yield of rainfed barled to the various methods of tillages in Hamedan region. *Water and Soil Science (Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources)* 18(70): 147-156. (In Persian with English Summary)
- Han, E., Ines, A., and Koo, J., 2015. Global High-Resolution Soil Profile Database for Crop Modeling Applications. Harvard Dataverse, V1.
- HarvestChoice., 2014. Crop Production: SPAM. International Food Policy Research Institute, Washington, DC., and University of Minnesota, St. Paul, MN. Available online at <http://harvestchoice.org/node/9716>.
- Hatfield, J.L., and Prueger, J. H., 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. *Weather and Climate Extremes* 10:4-10.
- Hochman, Z., Gobbett, D., Holzworth, D., McClelland, T., van Rees, H., Marinoni, O., Garcia, J.N., and Horan, H., 2012. Quantifying yield gaps in rainfed cropping systems: A case study of wheat in Australia. *Field Crops Research* 136: 85–96.
- Hosseinpour, T., 2012. Relationship among agronomic characteristics and grain yield in hull-less barley genotypes under rainfed conditions of Koohdasht. *Iranian Journal of Crop Sciences* 14(3): 263-279. (In Persian with English Summary) <http://www.fas.usda.gov/psdonline/> (Verified June 2019)
- http://www.yieldgap.org/web/guest/download_data (verified June 2017)
- Hughes, M.A., and Dunn, M.A., 1990. The effect of temperature on plant growth and development. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews* 8:161-188.
- Jamshidi, A., and Javanmard, H.R., 2017. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes for salinity tolerance under field conditions using the stress indices. *Ain Shams Engineering Journal* 9(4): 2093-2099.
- Jenab, M and Nazari, B., 2019. The study of water productivity and yield gap of wheat, barley and maize in Qazvin province. *Iranian Journal of Soil and Water Research* 49(6): 1405-1417.
- Kamali, G.A., and Moradi, E., 2005. Solar radiation (Fundamentals and applications in agriculture and renewable energy). 20th Century Publisher, Tehran. p. 299.
- Knol, R., 2016. Yield gap analysis of cereals in Romania: Causes and mitigation options. M.Sc. Thesis Plant Science. Plant Production Systems Department. Wageningen University. Netherland.

- Komeili, R., and Sharafi, S., 2014. Evaluation of promising barley lines under normal and drought stress in farmer conditions. *Crop Science Research in Arid Regions* 2(2):119-132. (In Persian with English Summary)
- Koo, J., and Dimes, J., 2010. HC27 Generic Soil Profile Database. Int. Food Policy Res.25 Inst. Washington, DC.
- Koocheki, A., Nassiri, M.M., Mansoori, H., and Moradi, R., 2017. Effect of climate and management factors on potential and gap of wheat yield in Iran with using WOFOST model. *Iranian Journal of Field Crops Research* 15(2): 244-256. (In Persian with English Summary)
- Liu, B., Chen, X., Meng, Q., Yang, H., and Van Wart, J., 2017. Estimating maize yield potential and yield gap with agro-climatic zones in China—Distinguish irrigated and rainfed conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 239: 108–117.
- Lobell, D.B., Cassman, K.G., and Field, C.B., 2009. Crop yield gaps: their importance, magnitudes, and causes. *Annual Review of Environment and Resources* 34(1): 179.
- Lu, C., and Fan, L., 2013. Winter wheat yield potentials and yield gaps in the North China Plain. *Field Crops Research* 143:98-105.
- Moosavi, S.S., Zahedi-No, M., Chaichi, M., and Abdollahi, M.R., 2014. Assessment of diversity and identifying of effective traits on grain yield of barley (*Hordeum vulgare* L.) under non-stress and terminal moisture stress conditions. *Cereal Researches* 4(2): 155-173. (In Persian with English Summary)
- Mousavi, S.G.R., and Seghatoleslami, M.J., 2011. Effect of different chemical and bio-fertilizers on morphological traits, yield and yield components of barley. *Advances in Environmental Biology* 5(10): 3312-3317.
- Naghaii, V., and Asgharipour, M.R., 2011. Difference in drought stress responses of 20 barley genotypes with contrasting drought tolerance during grain filling. *Advances in Environmental Biology* 5(9): 3042-3049.
- Nehbandani, A.R., 2018. Evaluation of soybean yield gap in Iran. Ph.D. Dissertation, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. (In Persian with English Summary)
- Oraki, A., Siahpoosh, MR., Rahnama, A., and Lakzadeh, I., 2016. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) in Ahvaz weather conditions. *Iranian Electronic Journal of Crop Production* 47(1): 29-40. (In Persian with English Summary)
- Paulescu, M., Stefu, N., Calinoiu, D., Paulescu, E., Pop, N., Boata, R., and Mares, O., 2016. Ångström–Prescott equation: Physical basis, empirical models and sensitivity analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 62: 495–506.
- Pourmotabbed, MR., Farnia, A., and Fard Alishir, N., 2014. Effect of planting date on ecophysiological and morphological characteristics of lines and varieties of barley in different regions of Kermanshah. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 5(2): 572-577.
- 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 (Agricultural Sciences and Technology)* 23(1):119-129. (In Persian with English Summary)
- Ravari, S.Z., 2003. Effects of sowing date on yield of some barley advanced lines and cultivars. *Seed and Plant*. 19(3): 401-411. (In Persian with English Summary)
- Roozitalab, M.H., Siadat, H., and Farshad, H., 2018. *The Soils of Iran*. Springer International Publishing. p. 255.
- Roshanfeker, H.A., Meskarbashi, M., Kashani, A. 2008. Evaluation of the agronomic traits and yield of hulless barley genotypes in Ahvaz. *The Scientific Journal of Agriculture*. 4(1): 9-23. (In Persian with English Summary)
- Saberi, M.H., Nikkhah, H.R., Tajali, H., and Arazmjo, E., 2014. Effects of terminal season drought stress on yield and choosing best tolerance indices in promising lines of Barley. *Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi)* 107: 124-132. (In Persian with English Summary)
- Sadeghi, H., and Kazemeini, A.R., 2011. Effect of crop residue management and nitrogen fertilizer on grain yield and yield components of two barley cultivars under dryland conditions. *Iranian Journal of Crop Science* 13(3): 436-451. (In Persian with English Summary)
- Saeedi, M., and Azhand, M., 2014. Effect of photosynthesis resources constraint and water-deficit stress after flowering on the grain yield and gas exchanges in various genotypes of barley. *Journal of Crop Improvement* 16(4): 840-856. (In Persian with English Summary)
- Saeidi, M., Abdoli, M., Azhand, M., and Khas-Amiri, M., 2013. Evaluation of drought resistance of barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars using agronomic characteristics and drought tolerance indices. *Albanian Journal of Agricultural Sciences* 12(4): 545-554.
- Shafagh-Kolvanagh, J., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., Hashemi-Amidi, N., and Dastborhan, S., 2015. Evaluation

- of yield and protein content of barley grain in response to nitrogen and weeds interference. *Journal of Agricultural Science* 25(4): 120-134.
- Shirinzadeh, A., Soleimanzadeh, A., and Shirinzadeh, Z., 2013. Effect of seed priming with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on agronomic traits and yield of barley cultivars. *World Applied Sciences Journal* 21(5): 727-731.
- Soltani, A., Alimagham, S.M., Nehbandani, A., Torabi, B., Zeinali, E., Dadrasi, A., Zand, E., Ghassemi, S., Pourshirazi, S., Alasti, O., Hosseini, R.S., Zahed, M., Arabameri, R., Mohammadzadeh, Z., Rahban, S., Kamari, H., Fayazi, H., Mohammadi, S., Keramat, S., Vadez, V., Van Ittersum, M.K., and Sinclair, T.R., 2020. SSM-iCrop2: A simple model for diverse crop species over large areas. *Agricultural Systems* 182: 102855.
- Soltani, A., and Sinclair, T.R., 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CAB International, Wallingford, UK.
- Soltani, A., Maddah, V., and Sinclair, T.R., 2013. SSM-Wheat, a simulation model for wheat development, growth and yield. *International Journal of Plant Production* 7(4): 711- 740.
- Tabarzad, A., Ghaemi, A.A., and Zand-Parsa, S., 2016. Barley grain yield and protein content response to deficit irrigation and sowing dates in semi-arid region. *Modern Applied Science* 10(10): 193-207.
- Vaezi, B., and Ahmadikhah, A., 2010. Evaluation of drought tolerance of twelve improved barley genotypes in dry and warm condition. *Journal of Plant Production* 17(1): 23-44.
- Van Bussel, L.G.J., Grassini, P., Van Wart, J., Wolf, J., Claessens, L., Yang, H., Boogaard, H., de Groot, H., Saito, K., Cassman, K.G., and Van Ittersum, M.K., 2015. From field to atlas: Upscaling of location-specific yield gap estimates. *Field Crops Research* 177: 98–108.
- Van Ittersum, M.K., Howden, S.M., and Asseng, S., 2003. Sensitivity of productivity and deep drainage of wheat cropping systems in a Mediterranean environment to changes in CO₂, temperature and precipitation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 97(1): 255–273.
- Van Ittersum, M.K., Cassman, K.G., Grassini, P., Wolf, J., Titttonell, P., and Hochman, Z., 2013. Field crops research yield gap analysis with local to global relevance — A review. *Field Crops Research* 143: 4–17.
- Van Wart, J., van Bussel, L.G. J., Wolf, J., Licker, R., Grassini, P., Nelson, A., Boogaard, H., Gerber, J., Mueller, N. D., Claessens, L., van Ittersum, M. K., and Cassman, K.G., 2013. Use of agro-climatic zones to upscale simulated crop yield potential. *Field Crops Research* 143: 44–55.
- Yousefi Rad, M., Asghari, M., Mohammadi, M., and Masoumi Zavarian, A., 2016. Effect of drought stress on yield, yield components and some physiological characteristics of seven barley varieties. *Journal of Crop Improvement*. 7(4): 297-308. (In Persian with English Summary)
- Zahed, M., 2018. Modeling the production and yield gap of wheat in Iran. Ph.D. Dissertation, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. (In Persian with English Summary)



Estimating the Potential Increase of Irrigated Barley Production over Iran via Closure of Yield Gap Based on GYGA Protocol

O. Alasti¹, E. Zeinali^{2*}, A. Soltani³ and B. Torabi²

Submitted: 10-07-2019

Accepted: 23-08-2020

Alasti, O., Zeinali, E., Soltani A., and Torabi, B., 2021. Estimating the potential increase of irrigated barley production over Iran via closure of yield gap based on GYGA protocol. Journal of Agroecology 13(1):325-344.

Introduction

Barley (*Hordeum vulgare* L.) is considered as the second most important grain crop after wheat, due to 1.75 million hectares harvested areas and 3.2 million tons' production in Iran. The irrigated fields are contributed up to 45% of total barley harvested areas (equivalent to 1.7 million ha) and 70% of total barley production (equivalent to 2.2 million tons). Based on the statistics reported in recent years, about 2.5 million tons of barley imported from other countries. According to the impossibility of extending the barley cultivated areas and even the necessity of reducing fields in some parts of the country, increasing productivity per unit area of cultivated lands is recognized as the only practical way to boost the production of barley in Iran. In this regard, this study was conducted to estimate barley yield gap (Y_g) and the potential of increasing barley production in irrigated condition as the first step to promote the yield and production of barley over the country.

Materials and Methods

Firstly, the main production zones of barley are determined; the zones which were contributed in more than 85% of barley production. The Designated climatic zones (DCZs) were identified using GYGA climatic zones (Global Yield Gap Atlas) and the distribution of barley harvested area raster layers. Subsequently, the Reference weather Stations (RWSs) within the DCZs were selected based on the values of the harvested area, and the types of soil in each of RWSs were determined by using of HC-27 soil map. SSM-iCrop2 as a crop simulation model has been employed to estimate the potential yield (Y_p) in the RWSs of cultivated areas, which has previously been parameterized and evaluated, and the results have indicated the robustness of the model for simulating barley yield over the country. For estimating Y_g , the data of actual yield (Y_a) and the agronomic management data for estimating Y_p during 15 growing seasons (2000-2014), were collected at RWSs scale. Using A bottom-up approach, the yield, and production gap values were calculated at RWSs and subsequently aggregated to DCZs and finally, extended from DCZ to country-level according to the spatial distribution of crop area and climate zones.

Results and Discussion

Based on GYGA protocol, 48 RWSs within 12 DCZs of irrigated barley harvested areas were demonstrated. Aggregation from the RWSs results to DCZs illustrated that the average of potential yield in DCZs of irrigated barley was estimated 7090 kg.ha⁻¹ and the range varied from 5283 to 8286 kg.ha⁻¹. Nevertheless, the Y_a range in these climate zones was calculated between 1406 and 3723 with an average of 3009 kg.ha⁻¹. According to the results, the DCZs which confronted to higher temperatures during the growing season have lower yields and also a significant reverse correlation between the potential yield and the growth length period ($R^2 = 0.88$ and $p \leq 0.01$) were shown. The correlation between total received daily solar radiation during the growing and Y_p in the DCZs

1- Ph.D. Student, Agronomy department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

2- Associate Professors, Agronomy Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

3- Professor, Agronomy Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

*Corresponding Author: zeinalistudents@gmail.com

Doi: 10.22067/jag.v13i2.81833

was significant, positively season ($R^2 = 0.98$ and $p \leq 0.01$). At present, the range of difference between actual and potential yield varies between 3237 to 4697 kg.ha⁻¹ with an average of 4081 kg.ha⁻¹ (equivalent to 58% yield gap). In other words, just around 24 to 50 percent (on an average of 42 percent) of estimated Y_p in irrigated barley fields can be attainable. According to the irrigated barley harvested areas, the actual and potential production gap are calculated about 2.21 and 2.99 million tons in the country, respectively, and under the best management condition can lead the production to be about 4.17 million tons.

Conclusion

According to the results, it was demonstrated about 58% relative yield gap between the averages of actual yield (3008 kg.ha⁻¹) and potential yield (7090 kg.ha⁻¹), which can be reduced by improving the production management in irrigated barley cultivated areas. For this reason, the current production of barley in irrigated lands can be increased from 2.12 to 4.17 million tons. This increase in production (1.96 million tons) could provide a significant part of the country's need to the barley and bring the country closer to achieve full self-sufficiency.

Keywords: Actual yield, Crop simulation model, Global atlas, Potential yield



مقاله علمی - پژوهشی

اثر سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia royleana* Benth.) در شرایط آب‌وهوایی تربت جام

هدا جهانگیری^۱، عبدالله ملافیلابی^{۲*} و هاشم حسینی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۱۸

جهانگیری، ه.، ملافیلابی، ع.، و حسینی، ه.، ۱۴۰۰. اثر سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه و موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری (*Lallemantia royleana* Benth.) در شرایط آب‌وهوایی تربت جام. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۳۴۵-۳۶۱.

چکیده

بالنگوی شهری با نام علمی (*Lallemantia royleana* Benth.) گیاهی دارویی از خانواده نعنایان است که علاوه بر مصارف دارویی، کاربردهای فراوانی در صنایع غذایی و بهداشتی دارد. این آزمایش با هدف بررسی اثر سطوح آبیاری و کودهای آلی بر عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های کیفی دانه بالنگوی شهری به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی تربت جام در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ انجام شد. عامل کرت اصلی چهار سطح آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر (۳۵ (به عنوان شاهد)، ۵۳، ۷۱ و ۸۹ میلی‌متر) و عامل کرت فرعی، چهار نوع حاصلخیزکننده خاک برابر با ۱۰ تن در هکتار (بدون مصرف کود (شاهد)، کود دامی از نوع گاوی پوسیده، کمپوست قارچ و کمپوست زیاله شهری) بود. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته، طول ریشه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته، درصد موسیلاژ، فاکتور تورم (میلی‌متر) و عملکرد موسیلاژ بود. نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری و مصرف حاصلخیزکننده‌های خاک تأثیر معنی‌داری بر صفات کمی و کیفی گیاه بالنگوی شهری داشت. بیشترین و کمترین عملکرد دانه بر اساس سطوح آبیاری به ترتیب مربوط به تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر (۲/۲۰ گرم در بوته) و ۸۹ میلی‌متر (۱/۴۵ گرم در بوته) بود. در مقایسه حاصلخیزکننده‌های خاک بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه به ترتیب مربوط به مصرف کود گاوی (۲/۳۵ گرم در بوته) و شاهد (۱/۳۳ گرم در بوته) بود. همچنین بیشترین عملکرد موسیلاژ (۳۳/۷۲ گرم بر مترمربع) از تیمار تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر و مصرف کود گاوی و کمترین مقدار (۱۵/۲۶ گرم بر مترمربع) از تیمار تبخیر روزانه ۸۹ میلی‌متر و بدون مصرف کود به دست آمد. بالاتر بودن عملکرد موسیلاژ در تیمار تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر و مصرف کود گاوی مربوط به عملکرد دانه بالاتر در این تیمار می‌باشد. بر اساس نتایج این مطالعه به منظور به دست آوردن حداکثر عملکرد کمی و کیفی در گیاه بالنگوی شهری در شرایط آب‌وهوایی تربت جام، سطح آبیاری بر اساس تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر همراه با مصرف کود گاوی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: فاکتور تورم، کشاورزی پایدار، کود گاوی، محتوی موسیلاژ

مقدمه

خاک یکی از زیست‌بوم‌های پیچیده است که دلیل این پیچیدگی

موجودات زنده آن می‌باشد (Haghighi & Nourafcan, 2014) که

امروزه به دلیل استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی، میزان ماده آلی کاهش یافته و در نتیجه، ساختار آن بشدت تخریب شده است. از این-رو، بهره‌گیری از مدیریت کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای آلی با هدف کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی مورد توجه بیشتر محققان قرار گرفته است. کاربرد انواع پسماندهای آلی موجب بهبود میزان ماده آلی خاک می‌شود (De Araújo et al., 2010; Mkhabela & Warman, 2005; Peigne & Girardin, 2004) که این امر خصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک با حاصلخیزی پایین، علاوه بر

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، گرایش فیزیولوژی و اصلاح گیاهان دارویی، واحد تربت جام، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت جام، ایران.
- ۲- دانشیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران.
- ۳- استادیار گروه کشاورزی و منابع طبیعی، واحد تربت جام، دانشگاه آزاد اسلامی، تربت جام، ایران.

(*) نویسنده مسئول:
(Email: a.filabi@rifst.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v13i2.86263

تولید موسیلاژ در گیاه مکانیسمی در مواجهه با تنش خشکی می‌باشد. بسیاری از خصوصیات آناتومیکی (Kivimaenpae et al., 2003)، فیزیولوژیکی (Flexas et al., 2007) و آنزیمی (Contour- 2006) گونه‌های مختلف گیاهی تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرند. افزایش مالون آلدئید در برگ بالنگو نشان می‌دهد که سازوکارهای ترمیم سلولی با سازوکارهای تخریب حاصل از کمبود آب می‌توانند بر تجزیه و بازیابی لیپیدهای غشاء تأثیر بگذارند. ملکی فراهانی و عبداللهی (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014) بیان کردند که رشد برگ‌های بالنگو در گونه *royleana* تحت تنش آبی قرار نگرفت، درحالی‌که برای گونه *iberica* به‌شدت تحت تأثیر قرار گرفت. آن‌ها عنوان کردند که این گیاه دارویی مقاوم به تنش آبی می‌باشد. عملکرد دانه در گونه *royleana* نسبت به گونه *iberica* و در اکوتیپ مشهد نسبت به اکوتیپ ارومیه کمتر تحت تأثیر تنش آبی قرار گرفت. علت این امر را می‌توان به سازگاری بیشتر *L. iberica* در شرایط تنش آبی با حفظ شاخص سطح برگ بالا مرتبط دانست. ملکی فراهانی و عبداللهی (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014) نتیجه گرفتند که گونه *L. royleana* در شرایط کمبود رطوبت خاک با حفظ سطح گیرنده نور، مانع از کاهش فتوسنتز گیاه شده و از کاهش عملکرد جلوگیری می‌نماید، اما در گونه *L. iberica* تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک تا ۶۰ درصد منجر به القای خشکی در این گیاه شد؛ به‌طوری‌که کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش معنی‌دار عملکرد شد. راستی (Rasti, 2012) بیان کرد که تنش خشکی در گیاه دارویی بالنگو شیرازی باعث کاهش عملکرد دانه و وزن هزار دانه می‌شود. تنش خشکی باعث افزایش محتوای پرولین جمعیت‌های بالنگو شیرازی شد (Ahmadi & Omodi, 2018). علاوه‌براین، از آنجا که جذب و نگهداری آب توسط بذر و قابلیت استفاده از آن برای تکمیل جوانه‌زنی یکی از مهم‌ترین پیش‌شرط‌های جوانه‌زنی می‌باشد، برخی بررسی‌ها (Yang et al., 2010; Arsovski et al., 2009) مؤید برتری جوانه‌زنی در بذرهای موسیلاژ‌دار در شرایط تنش خشکی می‌باشد.

بالنگوی شهری (*Lallemantia royleana* Benth.) گیاهی دارویی یک‌ساله متعلق به خانواده نعنائیان بوده که دوره رشد آن فصل بهار تا اوایل تابستان می‌باشد (Amanzadeh et al., 2010). از جمله مهم‌ترین ترکیبات شیمیایی آن موسیلاژ می‌باشد. مهم‌ترین ویژگی بالنگو در بذرهای آن نهفته بوده که منبع غنی از فیبر، روغن و

افزایش ماده آلی خاک و کاهش اسیدیته، فراهمی عناصر غذایی و خصوصیات فیزیکی شیمیایی و زیستی را بهبود می‌بخشد. همچنین تغذیه با کودهای آلی، با اهداف تولید پایدار گیاهان دارویی تطابق بیشتری دارد (Khaosad et al., 2006). کودهای آلی با افزایش ماده آلی باعث بهبود ساختمان، افزایش ظرفیت نگهداری آب و افزایش فعالیت میکروبی خاک می‌شوند (Gangwar et al., 2006). افزودن ماده آلی محتوی نیتروژن قابل دسترس و سایر عناصر غذایی را افزایش، خاک‌دانه‌ها را بهبود و فعالیت ریزموچوات خاکری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Shamim & Ahmed, 2010). با کاربرد کودهای آلی، از یک طرف pH کاهش یافته و از طرف دیگر، ترکیبات کلات-کننده آهن و سایر عناصر کم‌مصرف افزایش یافته که در نهایت، رشد گیاه افزایش می‌یابد (Najafian & Mardomi, 2012).

مدیریت کود عامل مهمی در کشت گیاهان دارویی محسوب می‌شود (Chatterjee, 2002). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که مصرف کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه دارویی بالنگو در مقایسه با شاهد شد؛ همچنین بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمارهای کود مرغی و کمپوست زباله شهری حاصل گردید (Roohi, 2011). مفاخری و همکاران (Mafakheri et al., 2016) با بررسی تأثیر کودهای زیستی، شیمیایی و نانو روی گیاه بالنگو، عنوان کردند که نانو ذرات عناصر غذایی موجب افزایش مواد فتوسنتزی شده و شرایط را برای بهبود رشد رویشی و افزایش اسانس فراهم کرد. برخی محققان تأکید می‌نمایند که انواع کودها اثر معنی‌داری بر سنتز مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Smith et al., 2010; Lakhdar et al., 2011)، در مقابل، تبریزی (Tabrizi, 2004) عنوان کرد که سنتز این ترکیبات تحت تأثیر کود قرار نمی‌گیرد. باروسو و همکاران (Barroso et al., 2014) با بررسی اثر کودهای آلی بر روی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی به‌لیمو (*Lippia citriodora* Kunth.) گزارش نمودند که کاربرد کودهای آلی حاوی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و بر، سبب افزایش وزن زیست‌توده گیاه شد، ولی درصد اسانس را کاهش داد و در برخی تیمارهای کودی نیز افزایش عملکرد اسانس مشاهده شد. روحی نوق و همکاران (Roohi Nogh et al., 2017) عنوان کردند که عدم معنی‌داری اثر کود و تراکم بر درصد موسیلاژ بالنگو به این معنی است که محتوی این ترکیب تحت تأثیر کود و تراکم قرار نگرفته و تغییرات این صفت از روند خاصی تبعیت نمی‌کند، البته لازم به ذکر است که

پروتئین بوده (Razavi & Karazhiyan, 2009) و در رفع سرفه، به‌عنوان تقویت‌کننده کبد و کلیه (Naghbi et al., 2005) و رفع خونریزی لثه استفاده سنتی دارد (Malik et al., 2011).

همان‌گونه که در فوق نیز ذکر گردید، اگر گیاه در محیط دیگری غیر از زادگاه بومی آن کشت شود و آبیاری و تغذیه معدنی صورت گیرد، تغییر در ترکیبات شیمیایی بیشتر بروز می‌کند (Prinsloo et al., 2008). بنابراین، با توجه به اهمیت توسعه زراعت و تولید گیاهان دارویی به‌عنوان گیاهان کم‌آبر در منطقه خراسان به‌عنوان قطب مهم تولید این گیاهان در شرق کشور، این مطالعه با هدف بررسی اثر سطوح آبیاری و کودهای آلی روی عملکرد، اجزای عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه بالنگوی شهری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (۰-۳۰ سانتی‌متر)

Table 1-Physical and chemical criteria of soil (0-30 cm)

هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس Available K (ppm)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	نیتروژن کل Total N (%)	ماده آلی Organic matter (%)	بافت Texture
1.4	7.7	109	9.7	7.4	0.73	سیلتی لوم Loamy silt

عامل اصلی چهار سطح آبیاری با استفاده از تشتک تبخیر (۸۵، ۷۱، ۵۳ و ۳۵ (به‌عنوان شاهد) میلی‌متر) و عامل فرعی چهار کود آلی (کود گاوی پوسیده، کمپوست قارچ، کمپوست زباله شهری و شاهد (بدون کود)) بود. بذر مورد استفاده برای کاشت اکوتیپ کلات بود که از مرکز جهاد کشاورزی شهرستان تربت جام تهیه شد. لازم به ذکر است هیچ بارندگی در طول فصل رشد مشاهده نشد.

در نیمه دوم اسفند ماه عملیات شخم عمیق جهت حذف علف‌های هرز قبل از کاشت انجام شد و به‌علت بارندگی‌های زمستانه عملیات آماده‌سازی بستر کاشت در بهار اجرا گردید. در ابتدای اردیبهشت ماه بعد پایان عملیات آماده‌سازی، زمین به‌صورت جوی و پشته آماده و سپس کرت‌ها به‌ابعاد ۴×۲ متر و فاصله ۵/۰ متر از یکدیگر (چهار پشته در هر کرت) مرزبندی شد. در مرحله بعد تیمار کودی معادل ۱۰ تن از هر کود آلی اعمال و سپس کاشت دستی بذر با تراکم ۴۰ بوته در مترمربع (Amanzadeh et al., 2010; Chatterjee, 2002; Roohi, 2011; Rasti, 2012) در نیمه

این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی تربت جام (واقع در ۶۰ درجه و ۲۷ دقیقه طول جغرافیایی تا ۳۵ درجه و ۱۳ دقیقه عرض جغرافیایی) انجام شد. تربت جام به‌لحاظ آب‌وهوایی به‌لحاظ تقسیم‌بندی آمبرژه در منطقه نیمه‌بیابانی با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد قرار دارد. بافت اقلیمی شهرستان در بخش شمالی کوهستانی است که از مهم‌ترین ارتفاعات آن «کوه شاه نشین» با بلندی ۲۱۱۷ متر و عرض ۴۸ کیلومتر با وضعیت شمال غربی-جنوب شرقی می‌باشد. قبل از کشت، نمونه‌برداری تصادفی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک انجام خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تعیین شد (جدول ۱).

اردیبهشت ماه انجام شد. لازم به ذکر است مقادیر کودهای آلی با توجه به آنالیز خصوصیات اولیه خاک (جدول ۱) و در نظر گرفتن نیاز گیاه انتخاب شدند. در تاریخ ۹۸/۲/۸ اولین آبیاری به‌طور ۱۰۰ درصد و دومین آبیاری سه روز بعد هم‌زمان با ظهور برگ‌های اولیه انجام شد. در کل چهار نوبت آبیاری بر مبنای ۱۰۰ درصد نیاز آبی تا استقرار کامل گیاهچه‌ها به‌فاصله سه روز اعمال گردید. بعد از استقرار کامل گیاهچه‌ها اعمال سطوح آبیاری بر اساس نتایج تشتک تبخیر اعلام شده از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک آبیاری صورت گرفت. عملیات تنک در یک نوبت (مرحله ۳-۲ برگی) و وجین علف‌های هرز به‌طور دستی در دو نوبت در طول فصل رشد انجام گرفت. در اواخر دوره رشد، یک نوبت سم‌پاشی با قارچ‌کش کاربندازیم صورت گرفت.

در پایان دوره رشد، وقتی حدود ۷۵ درصد بوته‌ها زرد و خشک شدند، عملیات برداشت دستی صورت گرفته (حدود ۷۵ روز) و عملکرد و اجزای عملکرد مورد بررسی قرار گرفت. صفات کمی، شامل ارتفاع بوته و طول ریشه، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه (از سطح ۱۰ بوته

در مترمربع)، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (با حذف اثرات حاشیه - ای از سطح سه مترمربع) اندازه گیری و ثبت شد.

به منظور تعیین مقدار موسیلاژ بر اساس دستورالعمل شارما و کول (Sharma & Koul, 1986) اقدام شد، بدین ترتیب که از هر تیمار به صورت جداگانه یک گرم بذر خشک در ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال در حال جوش اضافه شد و تا تغییر رنگ پوسته بذر حرارت دادن ادامه یافت. سپس حرارت را قطع کرده و بلافاصله محلول موسیلاژی حاصل صاف و جدا گردید و درحالی که بذور هنوز گرم بودند، به منظور جداسازی مقادیر باقیمانده موسیلاژ، دو بار با پنج میلی لیتر آب جوش شستشو داده و محلول حاصل از هر بار شستشو صاف و به محلول موسیلاژی اضافه گردید. سپس به محلول صاف شده حاوی موسیلاژ، مقدار ۶۰ میلی لیتر الکل اتیلیک ۹۶ درصد افزوده و خوب تکان داده شد و سپس برای مدت پنج ساعت به یخچال، به منظور رسوب موسیلاژ در ته ظرف منتقل شد. بعد از طی زمان مذکور، محلول رویی دور ریخته و مابقی محلول صاف شد. کاغذ

صافی حامل موسیلاژ در آون الکتریکی تهویه دار در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شد. سپس رسوب حاصل که معرف مقدار موسیلاژ در یک گرم بذر می باشد وزن شد. عملکرد موسیلاژ و فاکتور نیز با استفاده از معادله ۱ محاسبه گردید.

تورم بذر از خصوصیات بذور حاوی ماده موسیلاژ بوده که در اثر جذب آب، موسیلاژ موجود در بذور متورم می شود. مقدار تورم برای هر گرم موسیلاژ با استفاده از معادله ۲ تعیین گردید.

معادله (۱) $100 / (\text{میزان موسیلاژ} \times \text{عملکرد بذر}) = \text{عملکرد موسیلاژ}$

معادله (۲) $100 / (\text{میزان موسیلاژ} \times \text{فاکتور تورم}) = \text{مقدار تورم برای هر گرم موسیلاژ}$

در پایان آزمایش برای آنالیز واریانس داده ها ANOVA از نرم افزار SAS ver.8 و جهت مقایسه میانگین داده ها از آزمون چنددامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده های خاک بر صفات رشدی، اجزای عملکرد و عملکرد بالنگوی شهری

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of irrigation regimes and soil fertilizers on growth indices, yield components and yield of balangu

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	طول ریشه Root length	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000- seed weight	تعداد دانه در بوته Seed No. per plant	نسبت طول ریشه به طول ساقه Root length to stem length ratio	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	3.16 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}	991.2 ^{ns}	0.001 ^{ns}	4.07 ^{ns}
سطوح آبیاری Irrigation levels (I)	3	10.90*	1.42**	47.23**	2.40**	0.36**	5766**	0.06**	5.20**
خطای a Error a	6	7.57	0.021	0.03	0.01	0.001	1542.88	0.001	0.36
حاصلخیزکننده- های خاک Soil fertilizers (F)	3	0.42*	7.92*	5.1**	1.22**	0.58**	1600.6*	0.01*	31.43**
I × F	9	12.01 ^{ns}	1.36*	0.58**	0.06**	0.01*	17388.1 ^{ns}	0.002 ^{ns}	9.56**
خطای b Error b	24	6.99	0.03	0.02	0.02	0.001	411.1	0.001	0.34
ضریب تغییرات CV (%)		5.13	1.73	1.97	2.59	4.67	5.3	8.38	2.89

ns, *, ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار و اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

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

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ساده سطوح آبیاری بر خصوصیات رشد، اجزای عملکرد و عملکرد گیاه بالنگوی شهری

Table 3- Mean comparison for the simple effect of irrigation levels on growth criteria, yield components and yield of balangu

شاخص برداشت Harvest index (%)	نسبت طول ریشه به ساقه Root length to stem ratio	تعداد دانه در بوته Seed No. per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²)	طول ریشه Root length (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	سطوح آبیاری Irrigation levels (mm evaporation)
21.76 ^a	0.31 ^c	1091 ^a	2.03 ^a	88 ^a	328.4 ^a	8.65 ^d	34.75 ^{a*}	35
20.61 ^{ab}	0.32 ^b	1082 ^{bc}	1.78 ^b	78 ^b	292 ^b	9.25 ^c	33.85 ^b	53
18.54 ^b	0.30 ^{bc}	1084 ^b	1.61 ^{bc}	70 ^{bc}	284.8 ^{bc}	9.55 ^{ab}	32.80 ^b	71
19.63 ^c	0.35 ^a	929 ^c	1.54 ^c	58 ^c	266.4 ^c	10.59 ^a	30.17 ^c	89

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

* Means followed by the same letter in each column have not significant difference based on Duncan's test at $p \leq 0.05$.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده حاصلخیزکننده‌های خاک بر اجزای عملکرد و عملکرد گیاه بالنگوی شهری

Table 4- Mean comparison for the simple effect of soil fertilizers on yield components and yield of balangu

شاخص برداشت Harvest index (%)	نسبت طول ریشه به ساقه Root length to stem ratio	تعداد دانه در بوته Seed No. per plant	وزن هزار دانه 1000-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (g.m ⁻²)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g.m ⁻²)	طول ریشه Root length (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	حاصلخیزکننده‌های خاک Soil fertilizers
22.95 ^a	0.30 ^c	1206 ^a	1.94 ^a	94 ^a	386 ^a	7.49 ^d	33.74 ^{a*}	کود گاوی Cow manure
21.21 ^b	0.31 ^{bc}	1114 ^b	1.81 ^b	81.2 ^b	322.4 ^b	8.74 ^c	32.70 ^b	کمپوست قارچ Mushroom compost
20.27 ^{bc}	0.33 ^b	986 ^{cd}	1.66 ^{bc}	65.2 ^{bc}	261.6 ^{cd}	10.45 ^b	31.09 ^{bc}	کمپوست زباله شهری Municipal waste solid waste compost
20.10 ^c	0.36 ^a	860 ^d	1.55 ^c	53.2 ^c	201.2 ^d	11.36 ^a	29.04 ^c	شاهد Control

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.

* Means followed by the same letter in each column have not significant difference based on Duncan's test at $p \leq 0.05$.

نتایج و بحث

بین سطوح مختلف آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک و نیز اثرات متقابل آن‌ها بر صفات مختلف مورد مطالعه شامل رشد، عملکرد و نسبت طول ریشه به ساقه گیاه دارویی بالنگوی شهری اختلاف معنی‌داری ($p \leq 0.05$) مشاهده شد (جدول ۲).

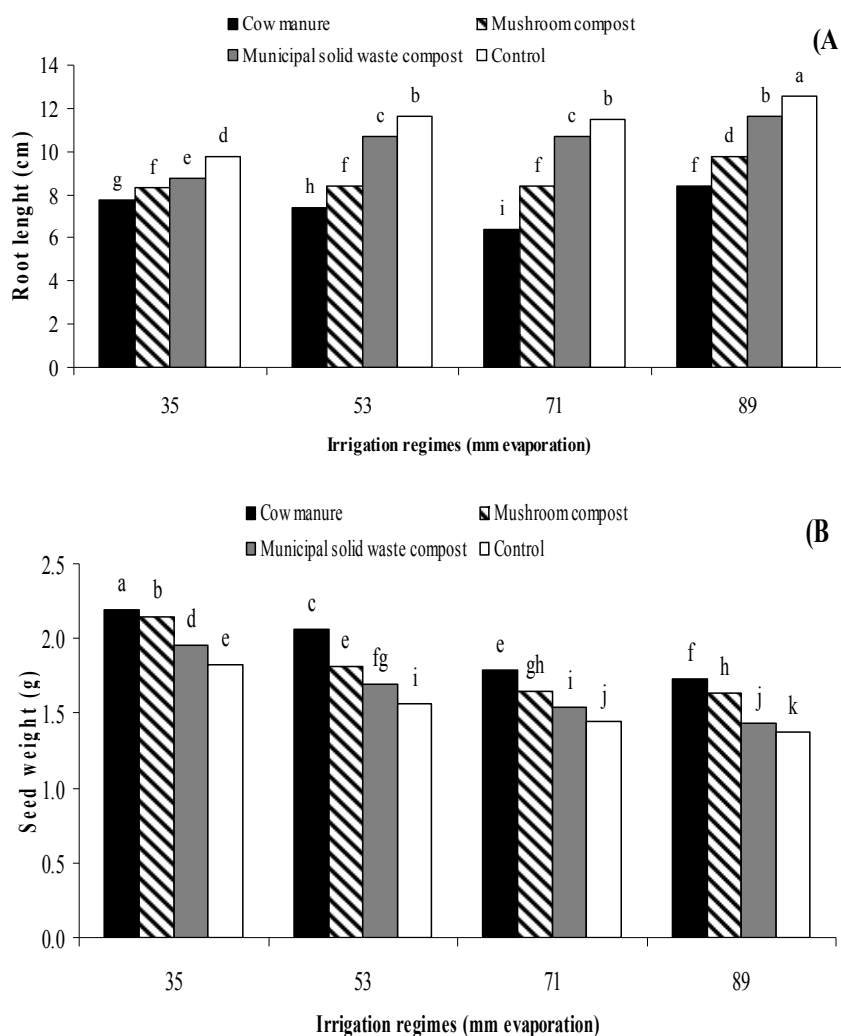
ارتفاع بوته: بررسی‌ها نشان داده است که ارتفاع بوته گونه‌های مختلف گیاهی تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی، شرایط محیطی نظیر رطوبت، نور، تغذیه، کمیت و کیفیت نور قرار می‌گیرد. بیشترین مقدار از این صفت برای سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (۳۴/۸ سانتی‌متر) و کود گاوی (۳۳/۷ سانتی‌متر) و کمترین مقدار در سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر (۳۰/۲) و شاهد (۲۹/۰ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول -

های ۳ و ۴). میرحسینی‌ده‌آبادی (Mir-Hossen-Dehabadi, 1994) نیز اظهار داشت که گیاهان تحت تنش خشکی شدید نسبت به شاهد دارای ارتفاع بوته و همچنین تعداد شاخه‌های کمتری بودند و رشد ساقه‌ها و شاخه‌های جانبی آن نیز آهسته‌تر بود، علت این امر به سوخت و ساز کمتر و سطح برگ کمتر نسبت داده شده است. نوری و همکاران (Nouri et al., 2014) نشان دادند که تنش خشکی به‌طور قابل توجهی ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، عملکرد شاخساره تر و خشک و همچنین عملکرد روغن فرار گیاه مرزه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، هرچند تأثیر چشمگیری روی درصد روغن نداشت و کمترین میزان این خصوصیات در شاهد مشاهده شد. مفاخری و همکاران (Mafakheri et al., 2016) بیان کردند که تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته بالنگو داشت. همچنین بیشترین ارتفاع بوته،

(۱۱/۴ سانتی‌متر) و کمترین در مصرف کود گاوی (۷/۵ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۴). بیشترین طول ریشه در اثر متقابل سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر + بدون کود و کمترین مقدار مربوط به سطح آبیاری ۷۱ میلی‌متر تبخیر + کود گاوی می‌باشد (شکل ۱-الف).

در تیمارهای کاربرد کود شیمیایی (۳۵ سانتی‌متر) و نانو کود (۳۴ سانتی‌متر) حاصل گردید که در مقایسه با شاهد (۳۳ سانتی‌متر)، به ترتیب ۵۲ و ۴۸ درصد افزایش داشت.

طول ریشه: بیشترین طول ریشه در سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر (۱۰/۶ سانتی‌متر) و کمترین مقدار برای سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (۸/۷ سانتی‌متر) رخ داد. بیشترین طول ریشه در شاهد



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک بر شاخص‌های رشد گیاه بالنگوی شهری
Fig. 1- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation levels and soil fertilizers on growth indices of balangu

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند.

Means followed by the same letter in each figure have not significant difference at $p \leq 0.05$.

ریشه‌ای گیاه باشد که در نتیجه، ریشه برای جذب آب و مواد غذایی تا عمق بیشتری نفوذ کرده است. شعبان و همکاران (Shaban et al.,)

افزایش طول ریشه در سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر + شاهد می‌تواند ناشی از اثر تنش کمبود آب و مواد غذایی در اطراف سیستم

2012) نشان دادند که آبیاری محدود نسبت به روش آبیاری کامل و بدون آبیاری دارای بیشترین طول ریشه و تراکم را دارا است که با یافته‌های این پژوهش همخوانی دارد.

نسبت طول ریشه به ساقه: بیشترین مقدار نسبت طول ریشه به ساقه برای سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر (۰/۳۵) و کمترین مقدار این نسبت در حداقل تبخیر (۰/۳۱) مشاهده شد. بیشترین و کمترین مقدار نسبت طول ریشه به ساقه به ترتیب در شاهد و مصرف کود گاوی مشاهده شد (جدول‌های ۳ و ۴). یکی از سازوکارهای تطابقی برای افزایش توانایی گیاهچه در مقابل خشکی در ابتدای تحمل تنش، افزایش نسبت رشد ریشه به ساقه می‌باشد (Osunkoya et al., 1994). کافی و مهدوی دامغانی (Kafi & Ganjeali, 2000) و گنجعلی و باقری (Mahdavi-e-Damghani, 2000) و Bagheri, 2011) بیان کردند که با افزایش تنش خشکی از رشد اندام‌های هوایی و زیرزمینی کاسته می‌شود، ولی رشد اندام‌های زیرزمینی کمتر از رشد اندام‌های هوایی کاهش می‌یابد. گیاه در شرایط تنش سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد و این ویژگی باعث می‌شود تا گیاه بتواند در شرایط خشکی آب مورد نیاز سایر قسمت‌های خود را فراهم کند. جلوگیری از توسعه سطح برگ میزان مصرف کربن و انرژی را در اندام‌های هوایی کاهش می‌دهد و سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی گیاه در ریشه توزیع می‌گردد، بنابراین ریشه توانایی جذب آب و مواد معدنی بیشتری داشته و در نتیجه، نسبت رشد ریشه به اندام هوایی افزایش می‌یابد (Michele et al., 2009).

عملکرد بیولوژیک: تنش رطوبتی ۳۵ میلی‌متر تبخیر بیشترین (۳۲۸/۴) گرم در مترمربع) مقدار و سطح آبیاری بر اساس ۸۹ میلی‌متر تبخیر کمترین مقدار (۲۶۶/۴) گرم در مترمربع) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مصرف کود گاوی نسبت به مصرف دیگر کودها تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد بیولوژیک داشت. بیشترین و کمترین مقدار از این صفت به ترتیب در تیمار کود گاوی (۳۸۶/۰) گرم در مترمربع) و شاهد (۲۰۱/۲) گرم در مترمربع) مشاهده شد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل بین تیمار رطوبتی و کودهای مورد بررسی نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به اثر متقابل سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به عنوان شاهد) در کود گاوی و کمترین مقدار مربوط به اثر متقابل تیمارهای رطوبتی ۵۳، ۷۱ و ۸۹ میلی‌متر در شاهد می‌باشد (شکل ۲- الف). افزایش عملکرد بیولوژیک در سطح آبیاری ۳۵

میلی‌متر تبخیر (به عنوان شاهد) و مصرف کود گاوی می‌تواند ناشی از افزایش ارتفاع بوته و عملکرد دانه در بوته به واسطه بهبود ظرفیت نگهداری آب در خاک باشد (جدول ۴). روحی (Roohi, 2011) گزارش کرد که بیشترین عملکرد ماده خشک بالنگو در تیمارهای کود مرغی و کمپوست زباله شهری حاصل شد. نوری و همکاران (Nouri et al., 2014) نشان دادند تنش خشکی به طور قابل توجهی عملکرد شاخساره تر و خشک و همچنین عملکرد روغن فرار گیاه مرزه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اسماعیل‌پور و همکاران (Esmailpour et al., 2013) نیز گزارش دادند که با افزایش شدت تنش خشکی تمام صفات رویشی مانند سطح و وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) کاهش یافت؛ به طوری که بیشترین مقادیر برای تمامی این صفات در تیمار آبیاری کامل حاصل شد و کمترین مقادیر نیز در شرایط تنش آبی شدید به دست آمد.

تعداد دانه در بوته: بیشترین مقدار مربوط به سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به عنوان شاهد) (۱۰۷۱ دانه در بوته) و کمترین مقدار نیز مربوط به در سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر (۹۲۹ دانه در بوته) می‌باشد (جدول ۳). بیشترین تأثیر را بر افزایش تعداد دانه در بوته کود گاوی داشت و کمترین مقدار مربوط به شاهد بود (جدول ۴). افزایش تعداد دانه در بوته می‌تواند ناشی از افزایش تعداد فندقه در بوته و تعداد دانه در فندقه به واسطه تأثیر کود گاوی بر بهبود فراهمی عناصر غذایی در خاک و به تبع آن بهبود رشد بوته‌ها باشد. از آنجا که صفت تعداد دانه وابسته به میزان گرده‌افشانی گیاه در مرحله زایشی است و این فرآیند نیز تحت تأثیر میزان فتوسنتز مرحله رویشی است، لذا احتمالاً با کاهش محتوی رطوبتی خاک تحت تأثیر افزایش میزان تبخیر، میزان فتوسنتز گیاه در پیش از مرحله زایشی کاهش یافته و در نتیجه، گرده‌افشانی افت نموده است که برآیند آن کاهش تعداد دانه در سنبله را به دنبال داشته است. در راستای بررسی اثر کمبود آب بر رشد گیاهان، تحقیقات در مورد گیاه دارویی همیشه بهار نشان داد که ارتفاع و تعداد گل در شرایط تنش آبی به شدت کاهش می‌یابد (Patra et al., 1999). ملکی فراهانی و عبداللهی (Abdollahi, 2014) اعلام کردند که تنش خشکی اثر معنی‌داری روی تعداد دانه در بوته بالنگو نداشت، با این وجود، با افزایش شدت تنش تعداد دانه در بوته کاهش یافت.

وزن هزار دانه: بیشترین مقدار مربوط به سطح آبیاری ۳۵

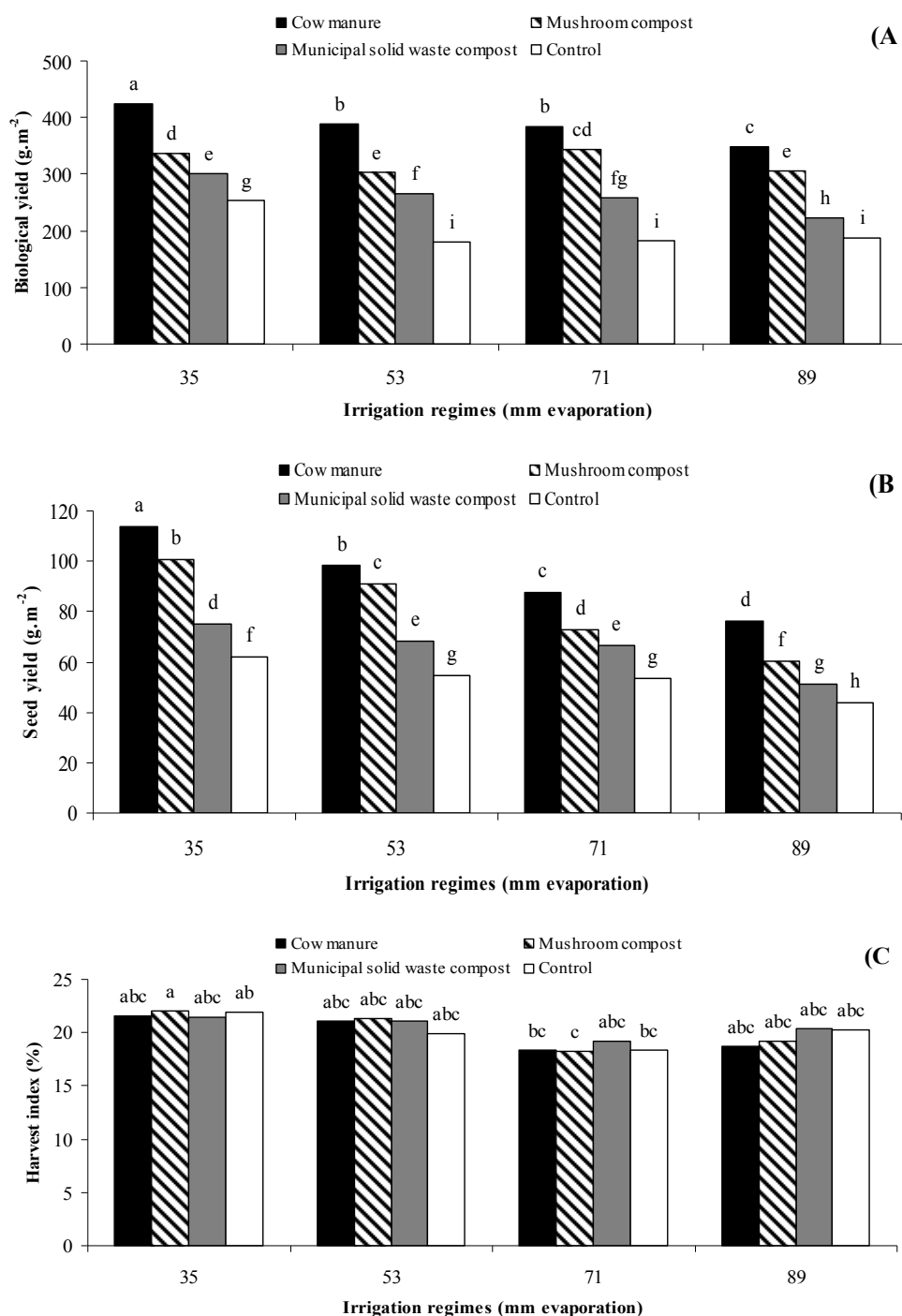
پژوهش‌های راستی (Rasti, 2012) و پیرجلیل و امیدی (Pirjalili & Omid, 2017) حکایت از اثر تنش شدید بر کاهش عملکرد گیاه بالنگو شیرازی دارد.

عملکرد دانه: سطوح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) و ۸۹ میلی‌متر تبخیر به‌ترتیب بیشترین (۸۸ گرم در مترمربع) و کمترین مقدار (۵۸ گرم در مترمربع) عملکرد دانه حاصل شد، بین تیمارهای کودی مورد بررسی نیز بیشترین و کمترین مقدار را به‌ترتیب، تیمار کود گاوی (۹۴ گرم در مترمربع) و شاهد (۵۳/۲ گرم در مترمربع) به خود اختصاص دادند (جدول‌های ۳ و ۴). بررسی اثرات متقابل نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار از این صفت مربوط به سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) در کود گاوی و سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر + شاهد (عدم کوددهی) می‌باشد (شکل ۳-ب). افزایش عملکرد دانه در بوته در سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر و مصرف کود گاوی ناشی از اثرات مثبت این تیمارها بر افزایش تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه می‌باشد (جدول ۴). اعمال تنش آبی در ژنوتیپ‌های سنبل هندی باعث کاهش عملکرد اندام‌های رویشی، ارتفاع گیاه و سطح برگ شد (Farooqi et al., 1999). ملکی فراهانی و عبداللہی (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014) نیز چنین عنوان کردند که اثر الگوی آبیاری بر عملکرد دانه تولیدی از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد، معنی‌دار بود، به نحوی که اختلاف عملکرد دانه تولیدی تیمار ۴۰ درصد با تیمار ۶۰ درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، برابر با ۴۳/۸۴ درصد بود. روحی نوق و همکاران (Roohi Nogh et al., 2017) بیان کردند که کودهای آلی اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه بالنگو داشتند. تیمار کود مرغی از این نظر دارای بیشترین اثر بود و کمترین عملکرد دانه نیز از شاهد حاصل شد. به نظر می‌رسد که کود مرغی از طریق بهبود شاخص‌های زیستی خاک باعث رشد بیشتر گیاه شد.

شاخص برداشت: شاخص برداشت بیانگر چگونگی تخصیص

مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی گیاه (دانه)، نسبت به کل مواد تولیدی ذخیره شده در گیاه است. بیشترین مقدار از این صفت برای سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (۲۱/۶۲ درصد) و مصرف کود گاوی (۲۲/۹۵ درصد) و کمترین مقدار مربوط به سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر (۱۹/۶۳ درصد) و شاهد (۲۰/۱۰ درصد) می‌باشد (جدول‌های ۳ و ۴).

میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) (۲/۰۳ گرم) و کمترین مربوط به سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر (۱/۵۴ گرم) بود (جدول ۳). علت بالاتر بودن وزن هزار دانه با کاهش تبخیر از سطح خاک را می‌توان این چنین توجیه کرد، در تیماری که رطوبت مناسب بود، افزایش رشد سبزینه‌ای و به دنبال آن افزایش تعداد فندقه در بوته مشاهده شد که پتانسیل تولید تعداد دانه در بوته را افزایش داد و در نتیجه، باعث تشدید رقابت در مرحله پر شدن دانه برای جذب مواد فتوسنتزی شد که در نهایت، تولید دانه‌های کوچک و چروکیده با وزن کم را ایجاد نمود، اما پس از آن با افزایش شدت تنش خشکی و به‌موازات آن کاهش رشد سبزینه‌ای بوته‌ها، مواد فتوسنتزی کمتری به اندام‌های زایشی گیاه تخصیص داده شد. بین تیمارهای کودی نیز بیشترین و کمترین وزن هزار دانه مربوط به مصرف کود گاوی (۱/۹۴ گرم) و شاهد (۱/۵۵ گرم) می‌باشد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل بین سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک نشان داد که بیشترین مقدار مربوط به اثر متقابل در سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) + مصرف کود گاوی و کمترین مقدار مربوط به اثر متقابل در سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر + شاهد می‌باشد. از آنجا که افزایش تنش منجر به کوتاه‌تر شدن طول دوره زندگی گیاه می‌شود و وزن هزار دانه بیشتر تحت تأثیر میزان فتوسنتز گیاه در مرحله پس از گرده‌افشانی است، لذا کاهش وزن هزار دانه به‌واسطه افزایش سطح تنش شوری را می‌توان به کوتاه‌تر شدن طول دوره زندگی و در نتیجه، کاهش مواد فتوسنتزی به‌منظور پر شدن دانه نسبت داد. علت بالا بودن وزن هزار دانه با افزایش شدت تخلیه آب قابل استفاده را می‌توان این چنین توجیه کرد، در تیماری که رطوبت مناسب بود، افزایش رشد سبزینه‌ای و به دنبال آن افزایش تعداد فندقه در بوته حاصل شد که خود پتانسیل تولید تعداد دانه در بوته را افزایش داد و در نتیجه، باعث شد که بین دانه‌های در حال پر شدن که مخزن‌هایی قوی برای جذب مواد فتوسنتزی می‌باشند، رقابت شدید ایجاد شود که حاصل آن تولید دانه‌هایی کوچک با وزن کم بود، اما پس از آن با افزایش شدت تنش خشکی و به‌موازات آن کاهش رشد سبزینه‌ای گیاه، حمایت کمتری از اندام‌های زایشی گیاه می‌شود. نتایج به‌دست آمده با نتایج تحقیق ملکی فراهانی و عبداللہی (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014) مطابقت دارد، آن‌ها بیان کردند که آبیاری اثر معنی‌داری روی وزن هزار دانه بالنگو نداشت، اما با این‌وجود افزایش بسیار جزئی وزن هزار دانه با افزایش شدت تنش خشکی ملاحظه شد. نتایج



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک بر عملکرد گیاه بالنگوی شهری
Fig. 2- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation levels and soil fertilizers on yield of balangu
 میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشند.
 Means followed by the same letter in each figure have not significant difference at $p \leq 0.05$.

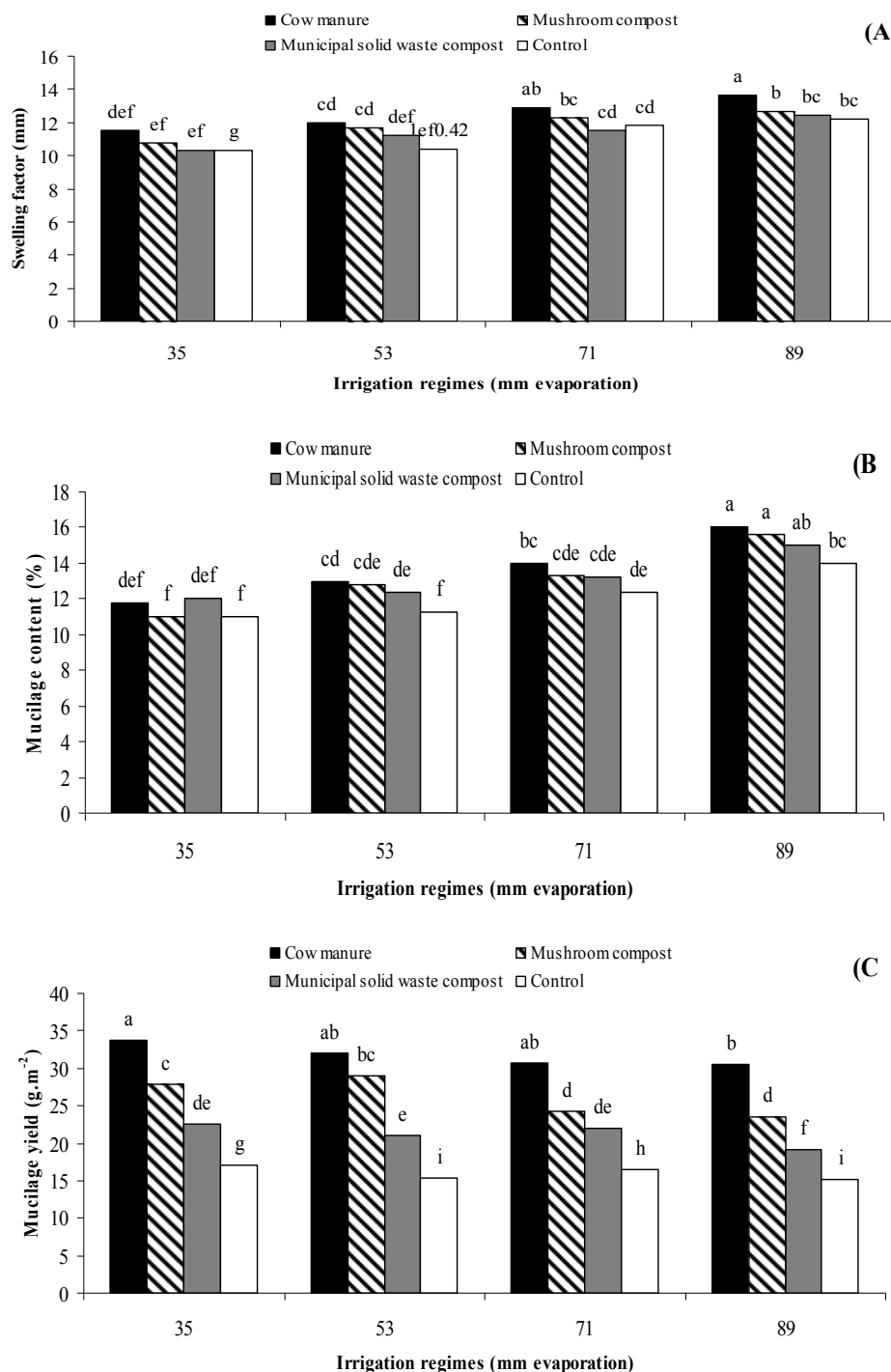
بیشترین و کمترین مقدار از این صفت را اثر متقابل در سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر + کمپوست قارچ به خود اختصاص داده است (شکل ۲-ب). شاخص برداشت بالاتر در تیمارهای تبخیر رطوبتی ۳۵ میلی‌متر و مصرف کود گاوی ناشی از تأثیر بیشتر این تیمارها بر عملکرد دانه در مقایسه با عملکرد بیولوژیک بود (جدول ۴). کمبود آب، یکی از عوامل محدودکننده رشد و نمو گیاه است که نه تنها باعث کاهش تولید ماده خشک می‌شود، همچنین باعث اختلال در تخصیص و تسهیم مواد فتوسنتزی به دانه و در نتیجه، کاهش شاخص برداشت می‌شود. شوبرا و همکاران (Shubhra et al., 2004) عنوان کردند که تنش خشکی به‌طور قابل توجهی باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود، شاخص برداشت دلالت بر توزیع نسبی تخصیص محصولات فتوسنتزی بین مخازن اقتصادی و دیگر مخازن موجود در گیاه می‌باشد.

فاکتور تورم: تورم بذر از خصوصیات بذور حاوی موسیلاژ است که در اثر جذب آب، موسیلاژ موجود در بذور متورم می‌شود، این صفت به‌عنوان یک شاخص کیفی در زمینه موسیلاژ مطرح است (Bhagat, 1980). سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر + به‌همراه مصرف کود گاوی بیشترین مقدار (۱۳/۶۲ میلی‌متر) و سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) + شاهد (بدون مصرف حاصلخیزکننده‌های خاک) کمترین مقدار (۱۰/۲۹ میلی‌متر) را دارا می‌باشند. علاوه بر افزایش فاکتور تورم به‌واسطه کاهش محتوی رطوبتی، گیاهانی که حاصلخیزکننده‌های خاک را دریافت کرده بودند، فاکتور تورم بالاتری در مقایسه با شاهد داشتند (شکل ۳-الف). بر این اساس، به نظر می‌رسد فاکتور تورم به‌واسطه کاهش محتوی رطوبتی خاک به‌عنوان یک مکانیسم دفاعی در مواجهه با تنش‌های محیطی استفاده می‌نماید.

روحی نوق و همکاران (Roohi Nogh et al., 2017) اعلام کردند که حداکثر عملکرد کیفی با استفاده از کودهای آلی به‌ویژه کود مرغی حاصل شد، بدین ترتیب می‌توان به اثر کودهای آلی به‌عنوان یک منبع تغذیه مناسب برای گیاهان دارویی اشاره نمود. برخی محققان معتقدند که فاکتور تورم در میزان موسیلاژ کل بذر مؤثر می‌باشد. اگر چنین باشد باید گونه‌های با فاکتور تورم بالاتر دارای

مقدار موسیلاژ بیشتری نیز باشند (Sharma & Koul, 1986). در تأیید این نتایج نیز بیان تأکید شده است که فاکتور تورم در مقدار موسیلاژ تأثیری ندارد (Ebrahimzadeh Mabood et al., 1997). از آنجا که فاکتور تورم وابسته به نوع ترکیبات موجود در موسیلاژ است، می‌توان نتیجه گرفت در تیمارهایی که گیاه بدون حاصلخیزکننده‌های آلی در معرض کمبود محتوی رطوبتی قرار گرفته است، متابولیت ثانویه بیشتر با قابلیت جذب آب بالاتری برای بقای خود در شرایط سخت محیطی تولید نموده که افزایش کیفیت موسیلاژ استحصال را به‌دنبال داشته است (Mohebbi & Maleki, 2010). بر اساس استانداردهای فارماکوپه‌های دارویی فاکتور تورم موسیلاژ گیاه دارویی نبایستی کمتر از ۱۰ میلی‌لیتر باشد، نتایج حاصل از این تحقیق نیز فاکتور تورم بیش از ۱۰ را نشان داد که در نتیجه از این گیاه دارویی می‌توان در شرایط کمبود محتوی رطوبتی خاک بهره جست.

درصد موسیلاژ: سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر به‌همراه مصرف کود گاوی بیشترین مقدار درصد موسیلاژ (۱۶/۰ درصد) و در سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) به‌همراه شاهد (بدون مصرف حاصلخیزکننده‌های خاک) و کمپوست قارچ، کمترین مقدار (۱۱/۰ درصد) از این صفت را به خود اختصاص دادند (شکل ۳-ب). تحقیقات نشان می‌دهد که بیوستر متابولیت‌های ثانویه که جزء مواد مؤثره گیاهان دارویی می‌باشد، تحت تأثیر فاکتورهای محیطی هستند (Dehghani Tafti et al., 2014)، لذا افزایش درصد موسیلاژ در شرایط کمبود محتوی رطوبتی خاک تحت تأثیر سطوح آبیاری می‌تواند به‌عنوان پاسخی برای افزایش مقاومت به تنش مدنظر قرار گیرد (Baghalian, 2008). تبریزی (Tabrizi, 2004) بیان نمود که بیشترین مقدار موسیلاژ مربوط به تیمارهای کود کمپوست زباله شهری و کود گوسفندی بود، وی افزود که سطوح کود گاوی بر روی مقدار موسیلاژ دو گونه اسفرزه و پسیلیوم تأثیر معنی‌داری نداشت. پیرجیلی و امید (Pirjalili & Omid, 2017) بیان کردند با افزایش خشکی درصد موسیلاژ بذر کاهش پیدا کرد، به‌طوری‌که کمترین درصد موسیلاژ مربوط به تیمار تنش نسبتاً شدید می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک بر خصوصیات کیفی گیاه بالنگوی شهری
Fig. 3- Mean comparisons for the interaction effects of irrigation levels and soil fertilizers on quality criteria of balangu
 میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر شکل دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند.
 Means followed by the same letter in each figure have not significant difference at $p \leq 0.05$.

تحت تأثیر کاهش محتوی رطوبتی خاک نسبت داد. ملکی فراهانی و عبداللهی (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014) عنوان کردند که با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. با افزایش شدت تنش خشکی عملکرد موسیلاژ دانه ۳۹/۸ درصد کاهش یافت. روحی نوق و همکاران (Roohi et al., 2017) اعلام کردند که تیمارهای کودی تأثیری بر خصوصیات کیفی بالنگو به‌جز عملکرد موسیلاژ نداشتند، اما عملکرد موسیلاژ تحت تأثیر کودهای آلی افزایش یافت. باتوجه به اینکه تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر مقدار موسیلاژ بذر نداشتند و با توجه به اینکه عملکرد موسیلاژ حاصل‌ضرب مقدار موسیلاژ در عملکرد دانه است، می‌توان گفت که افزایش عملکرد موسیلاژ ناشی از افزایش عملکرد دانه است و این نتیجه نیز ثابت می‌کند که خصوصیات کیفی تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت.

عملکرد موسیلاژ: در سطح آبیاری ۳۵ میلی‌متر تبخیر (به‌عنوان شاهد) به‌همراه مصرف کود گاوی بیشترین مقدار (۳۳/۷۲ گرم بر مترمربع) و در سطح آبیاری ۸۹ میلی‌متر تبخیر به‌همراه شاهد (بدون کاربرد حاصلخیزکننده‌های خاک) کمترین مقدار عملکرد موسیلاژ (۱۵/۲۶ گرم بر مترمربع) را دارا می‌باشند (شکل ۳-ج). بیشترین عملکرد موسیلاژ از تیمار کود کمپوست زباله شهری و کود مرغی و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد. از آنجا که بیشترین عملکرد دانه از تیمار کمپوست زباله شهری و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد بنابراین، بیشترین عملکرد موسیلاژ از این تیمار نیز دور از انتظار نبود. از آنجا که افزایش شدت تنش رطوبتی از طریق افزایش تبخیر منجر به کاهش فتوسنتز گیاه می‌شود و عملکرد موسیلاژ از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ حاصل می‌شود، لذا کاهش عملکرد موسیلاژ به‌واسطه کاهش سطح آبیاری (و یا به‌عبارتی، افزایش تبخیر) را می‌توان به افت شدیدتر عملکرد دانه

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد بالنگوی شهری تحت تأثیر سطوح آبیاری و حاصلخیزکننده‌های خاک
Table 5- Correlation coefficients between yield components and yield of balangu affected as irrigation levels and soil fertilizers

شاخص برداشت	نسبت طول ریشه به ساقه	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	طول ریشه	ارتفاع بوته	صفات
Harvest index	Root length to stem ratio	Seed No. per plant	1000-seed weight	Seed yield	Biological yield	Root length	Plant height	Traits
0.28 ^{ns}	-0.61 ^{**}	0.51 [*]	0.45 [*]	0.21 ^{ns}	0.22 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	1	ارتفاع بوته Plant height
0.09 ^{ns}	0.88 ^{**}	0.65 [*]	-0.78 ^{**}	-0.85 ^{**}	-0.93 ^{**}	1		طول ریشه Root length
0.52 [*]	0.45 ^{ns}	-0.52 ^{ns}	0.42 ^{ns}	0.87 ^{**}	1			عملکرد بیولوژیک Biological yield
0.48 ^{ns}	-0.77 ^{**}	0.530 ^{**}	0.91 ^{**}	1				عملکرد دانه Seed yield
0.52 ^{**}	-0.690 ^{**}	0.572 ^{**}	1					وزن هزار دانه 1000-seed weight
0.29 ^{ns}	0.295 ^{ns}	1						تعداد دانه در بوته Seed No. per plant
0.32 ^{ns}	1							نسبت طول ریشه به ساقه Root length to stem ratio
1								شاخص برداشت Harvest index

ns, *, ** : به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
ns, * and **: represent non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

همبستگی صفات: ضرایب همبستگی بین صفت‌های مختلف

کمّی گیاه دارویی بالنگوی شهری نشان داد که بین ارتفاع بوته با وزن هزار دانه ($r=0/45^*$) و تعداد دانه در بوته ($r=0/51^*$)، عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه ($r=0/87^{**}$) و شاخص برداشت ($r=0/52^*$)، عملکرد دانه با وزن هزار دانه ($r=0/91^{**}$) و تعداد دانه در بوته ($r=0/53^{**}$)، تعداد دانه در بوته با وزن هزار دانه ($r=0/57^{**}$) و وزن هزار دانه با شاخص برداشت ($r=0/52^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار مشاهده شد. همچنین بین ارتفاع بوته با نسبت طول ریشه به طول ساقه ($r=0/61^{**}$)، طول ریشه با عملکرد بیولوژیک ($r=0/93^{**}$)، عملکرد دانه با نسبت طول ریشه به ساقه ($r=0/77^{**}$) و نسبت طول ریشه به ساقه با وزن هزار دانه ($r=0/69^{**}$) همبستگی منفی و معنی‌دار حاصل گردید (جدول ۵).

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد علی‌رغم آنکه کمبود محتوی رطوبتی خاک می‌تواند تأثیر منفی بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه دارویی بالنگوی شهری داشته باشد، ولی بهره‌گیری از حاصلخیزکننده‌های خاک می‌تواند بخشی از این اثرات منفی تنش را جبران نماید. در مقابل، در شرایط کاهش محتوی رطوبتی خاک، خصوصیات کیفی موسیلاژ افزایش یافت. در گیاه بالنگوی شهری اثر تیمار آبیاری مطلوب (تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر) و مصرف کود گاوی روی بیشتر صفات از جمله ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد

دانه بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بوته و شاخص برداشت، مثبت و معنی‌دار بود، ولی بر طول ریشه و نسبت طول ریشه به ساقه منفی و معنی‌دار بود. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب مربوط به تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر (۲/۲۰ گرم) و ۸۹ میلی‌متر (۱/۴۵ گرم) بود. بین تیمارهای کودی بیشترین و کمترین مقدار عملکرد دانه در بوته به‌ترتیب از مصرف کود گاوی (۲/۳۵ گرم) و شاهد (۱/۳۳ گرم) به‌دست آمد. بالاتر بودن عملکرد دانه در تیمار کود گاوی و تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر مربوط به افزایش تعداد دانه در بوته و وزن هزار دانه می‌باشد. بیشترین درصد موسیلاژ (۱۶ درصد) مربوط به تیمار تبخیر روزانه ۸۹ میلی‌متر و مصرف کود گاوی بود، ولی بالاترین عملکرد موسیلاژ (۳۳/۷۲ گرم بر مترمربع) از تیمار تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر و مصرف کود گاوی به‌دست آمد که بیشتر ناشی از عملکرد دانه بالاتر در این تیمارها بود. بنابراین، به‌منظور به‌دست آوردن حداکثر عملکرد کمّی و کیفی در گیاه بالنگوی شهری در شرایط آب‌وهوایی تربت جام، تیمار تبخیر روزانه ۳۵ میلی‌متر و مصرف کود گاوی قابل توصیه می‌باشد. همچنین از آنجا که بر اساس استانداردهای فارماکوپه‌های بین‌المللی کیفیت موسیلاژ استحصالی در تمام سطوح تیماری در شرایط قابل قبولی بود، لذا می‌توان توصیه نمود که بهره‌گیری تلفیقی از حاصلخیزکننده‌های خاک می‌تواند در افزایش عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی بالنگوی شهری در شرایط تنش مؤثر باشد.

References

- Ahmadi, K., and Omid, H., 2018. The effect of drought stress on physiological traits, peroxidase activity and grain yield of five populations of *Lallemantia royleana* Benth. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(30): 412-429. (In Persian with English Summary)
- Amanzadeh, A., Khosravi Dhqy, N., Gohari, A.R., Esfahani, H.R., and Saadat Ebrahimi, E., 2010. Antioxidant effect of the essential oils (*Lallemantia iberica*) in the flowering stage and flowering stage after investigation. Life Science 6(3): 114-117.
- Arsovski, A.A., Villota, M.M., Rowland, O., Subramaniam, R., and Western, T.L., 2009. Mum enhancers are important for seed coat mucilage production and mucilage secretory cell differentiation in *Arabidopsis thaliana*. Journal of Experimental Botany 60: 2601-2612.
- Baghalian, K., 2008. Effect of soil and weather condition on quality and quantity of mucilage. M.Sc. dissertation, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Barroso, M.R., Arrobas, M., Rodrigues, M.Â., and Sousa, M.J. 2014. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium and boron fertilizers on essential oils yield in lemon verbena (*Aloysia triphylla*). Planta Medica 80-P2F1.
- Bhagat, N.R., 1980. Studies on variation and association among seed yield and some component traits in *Plantago*

- ovata* Forsk. Journal of Crop Improvement 7: 60-63.
- Chatterjee, S.K., 2002. Cultivation of medicinal and aromatic plants in India-A commercial approach. *Acta Horticulturae* 576: 191-202.
- Contour-Ansel, D., Torres-Franklin, M.L., Carvalho, M.H.C., and Zully-Fodil, Y., 2006. Glutathione reductase in leaves of cowpea: cloning of two cDNAs, expression and enzymatic under progressive drought stress, desiccation and abscisic acid treatment. *Annals of Botany* 98: 1279-1287.
- De Araújo, A.S.F., De Melo, W.J., and Singh, R.P., 2010. Municipal solid waste compost amendment in agricultural soil: changes in soil microbial biomass. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 9: 41-49.
- Dehghani Tafti, A.R., Alahdadi, I., Najafi, F., and Kianmehr, M.H., 2014. Studying the effects of different rates of pelleted animal manure and urea levels and some micronutrients on yield and yield components of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* var *styriaca*). *Journal of Horticultural Science* 28(1): 62-70. (In Persian with English Summary)
- Esmailpour, B., Jalilvand, P., and Hadian, J., 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). *Journal of Agroecology* 5(2): 169-177. (In Persian with English Summary)
- Farooqi, A.H.A., Fatima, S., Ansari, S.R., and Sharma, S., 1999. Effect of water stress on growth and essential oil metabolism in *Cymbopogon martini* (Plamerosa) cultivars. *Journal of Essential Oil Research* 11: 491-496.
- Flexas, J., Barón, M., Bota, J., Ducruet, J.M., Gallé, A., Lakshmana, G.M.A., and Panneerselvam, R., 2007. Growth biochemical modification and proline metabolism in *Helianthus annuus* L. as induced by drought stress. *Colloids and Surfaces B. Bio Interfaces* 59: 141-149.
- Gangwar, K.S., Singh, K.K., Sharma, S.K., and Tomar, O.K., 2006. Alternative tillage and crop residue management in wheat after rice in sandy loam soils of Indo-Gangetic plains. *Soil and Tillage Research* 88: 242-252.
- Ganjeali, A., and Bagheri, A., 2011. Evaluation of morphological characteristics of root chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Pulses Research* 1(2): 101-110. (In Persian with English Summary)
- Haghighi, R., and Nourafcan, H., 2014. The effect of vermicompost and biological phosphate on morphological characteristics and rosmarinic acid of Iranian borage (*Echium amoenum* Fisch. & C.A. Mey.). *Advances in Environmental Biology* 8(25): 704-708.
- Kafi, M., and Mahdavi-e-Damghani, A. 2000. Mechanisms of Plants to Environmental Stresses. Ferdowsi University Publication. Mashhad, Iran. 449 pp. (In Persian)
- Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., and Novak, J., 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp.). *Mycorrhiza* 16: 443-446.
- Kivimaenpae, M., Sutinin, S., Karlsson, P.E., and Selde, G., 2003. Cell structural changes in the needles of Norway spruce exposed to long-term ozone and drought. *Annals of Botany* 92: 779-793.
- Lakhdar, A., Scelza, R., Achiba, W.B., Scotti, R., Rao, M.A., Jedidi, N., Abdelly, C., and Gianfreda, L., 2011. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on enzymatic activities and wheat yield in a clayey-loamy soil. *Soil Science* 176: 15-21.
- Mafakheri, S., Asghari, B., and Shaltooli, M., 2016. Effects of biological, chemical and nano-fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Lallemantia iberica* (M.B.) Fischer & Meyer. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 32(4): 667-677. (In Persian with English Summary)
- Maleki Farahani, S., and Abdollahi, M., 2014. Effect of deficit irrigation on yield and yield components of two different species of balangu (*Lallemantia royleana* & *iberica*) from Mashhad and Urmia. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(3): 502-512. (In Persian with English Summary)
- Malik, K., Arora, G., Singh, I., and Arora, S., 2011. *Lallemantia reylenne* seeds as superdisintegrant: Formulation and evaluation of *Nimesulide orodispersible* tablets. *International Journal of Pharmaceutical Investigation* 1: 192-198.
- Michele, A., Douglas, T., and Frank, A., 2009. The effects of clipping and soil moisture on leaf and root morphology and root respiration in two temperate and two tropical grasses. *Plant Ecology* 200: 205-215.
- Mir-Hossen-Dehabadi, S.R., 1994. The effect of water relation carbon isotope discrimination and shoot and root growth of sainfoin (*Onobrychis visifolia* Scope.) and Lucerne (*Medicago sativa* L.). New Zealand University, Massey. Ph.D. Dissertation, 364 pp.
- Mkhabela, M.S., and Warman, P.R., 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus Availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture*,

- Ecosystems and Environment 106: 57-67.
- Mohebbi, M., and Maleki, A., 2010. Effect of water stress on some seed characteristics of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk.) in Zanjan (IRAN). *Advances in Environmental Biology* 12(3): 10-14.
- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Motamed, S.M., and Ghorbani, A., 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethno botany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2: 63-79. (In Persian with English Summary)
- Najafian, N., and Mardomi, S., 2012. The effects of waterlogging, sewage sludge and manure on the growth characteristics of sunflower in a sandy loam soil. *Journal of Water and Soil* 25(6): 1264-1276. (In Persian with English Summary)
- Nouri, M., Asadi, P., Dehghan Rahimabadi, A., and Golchin, A., 2014. The effect of drought stress and nitrogen fertilizer levels on growth and essential oil of savory (*Satureja hortensis* L.). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences* 3(10): 71-77.
- Osunkoya, O.O., Ash, J.E., Hopkins, M.S., and Graham, A.W., 1994. Influence of seed size and seedling ecological attributes on shade-tolerance of rain-forest tree species in northern Queensland. *Ecological Journal* 82: 149-163.
- Patra, D., Anwar, M., Saudan, S., Prasad, A., and Singh, D.V., 1999. Aromatic and medicinal plants for salt and moisture stress conditions. *Proceeding of a Symposium Held in Indian*. p. 347-350.
- Peigne, J., and Girardin, P., 2004. Environmental impacts of farm-scale composting practices. *Water, Air, and Soil Pollution* 153: 45-68.
- Pirjalili, F., and Omid, H., 2017. Effects of drought stress on grain yield and qualitative characteristics of three populations of *Lallemantia royleana* Benth. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 33(1): 25-38. (In Persian with English Summary)
- Prinsloo, G., Viljoen, J., Mofokeng, M., and Ntuli, M., 2008. Cultivation of medicinal plants: Determining the effect of organic fertilizer on the chemical composition of the plants. *South African Journal of Botany* 74: 375.
- Rasti, S., 2012. The effect of planting date and drought on quality and quantity characteristics Balangu Shirazi (*Lallemantia royleana* (wall) Benth.). M.Sc. Thesis of Agriculture Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Razavi, S.M.A., and Karazhiyan, H., 2009. Flow properties and thixotropy of selected hydrocolloids: experimental and modeling studies. *Food Hydrocolloids* 23: 908-912.
- Roohi Nogh, A., Koocheki, A., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Bakhshaei, S., 2017. Effect of organic fertilizers and plant density on qualitative characteristics of Balangu (*Lallenamantia royleana* Benth.). *Agroecology* 9(2): 314-325. (In Persian with English Summary)
- Roohi, A., 2011. Effect of organic fertilizers and plant density on quantitative and qualitative characteristics of balangu (*Lallenamantia royleana* Benth.). M.Sc. Thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Shaban, M., Mansourifar, S., Ghobadi, M., and Ashrafi Parchin, R., 2012. Effect of drought stress and starter nitrogen fertilizer on root characteristics and seed yield of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Seed and Plant Production* 27(4): 451-470. (In Persian with English Summary)
- Shamim, A.H., and Ahmed, F., 2010. Response to sulfur and organic matter status by the application of sulfidic materials in S deficient soils in Bangladesh: possibilities and opportunities. *Report and Opinion* 2(1): 88-93.
- Sharma, P.K., and Koul, A.K., 1986. Mucilage in seed of *Plantago ovata* and its wild allies. *Journal of Ethnopharmacology* 17: 289-295.
- Shubhra, K., Dayal, J., Goswami, C.L., and Munjal, R., 2004. Effect of water-deficit on oil of calendula aerial parts. *Biologia Plantarum* 48(3): 445-448.
- Smith, G.R., Gowda, M.C., Sreeramu, B.S., Umesha, K., and Gowda, A.P.M., 2010. Influence of integrated nutrient management on growth, yield and quality of Makoi. *Indian Journal of Horticulture* 67: 395-398.
- Tabrizi, L., 2004. The effect of water stress and manure on yield, yield components and quality characteristics of *Plantago psyllium* and *Plantago ovata*. M.Sc. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Yang, X., Dong, M., and Huang, Z., 2010. Role of mucilage in the germination of *Artemisia sphaerocephala* (Asteraceae) achenes exposed to osmotic stress and salinity. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 131-135.



The Effects of Irrigation Levels and Soil Fertilizers on Yield Components and Quantitative and Quality Yield of Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) under Torbat-e Jam Climatic Conditions

H. Jahangiri¹, A. Mollafilabi^{2*} and H. Hosseini³

Submitted: 10-04-2020

Accepted: 07-06-2020

Jahangiri, H., Mollafilabi, A., and Hosseini, H., 2021. The effects of irrigation levels and soil fertilizers on yield components and quantitative and quality yield of balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) under Torbat-e Jam climatic conditions. Journal of Agroecology 13(2):345-361.

Introduction

Balangu (*Lallemantia royleana* Benth.) is one of the medicinal plants of Lamiaceae family that contains essential oils as well as mucilage. The most important feature of this plant is the mucilage of the seeds which widely used in industrial sectors. On the other hand the seeds are a good source of fiber, oil, and protein and have medicinal and nutritional properties. Medicinal plants are rich in secondary metabolites and are potentially useful to produce natural materials. The biosynthesis of the secondary metabolites, although controlled genetically is affected strongly by environmental and agronomic factors. This plant can be grown under a wide range of agro-climatic conditions, but it is mostly confined to the arid areas due its low water requirement and high water use efficiency. It has been used as medicine since ancient times, but it has been cultivated as a medicinal plant only in recent years. The application of soil organic fertilizers is important for sustainable agriculture, healthy agricultural production of medicinal plants especially in arid and semi-arid regions and resorting soil quality. In this study the effects of irrigation regimes and soil fertilizers on qualitative and quality characteristics of balangu as a medicinal plant were evaluated.

Materials and Methods

The experiment was done as split plot based on a randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station, University of Torbat-E-jam, Khorasan-e Razavi, Iran during 2019 growing season. Main factor was four irrigation levels (including 35 (as control), 53, 71, and 89 mm evaporation) and sub factor was four fertilizer types (such as cow manure, municipal solid waste compost and mushroom compost and control). Organic fertilizers were applied equal to 10 t.ha⁻¹. The fertilizers were applied before sowing time. Studied traits were quantitative traits (such as plant height, root length, biological yield, seed numbers per plant, 1000-seed weight, seed yield and harvest index), and quality criteria (including mucilage percentage, swelling factor and mucilage yield). General linear model ANOVA was used for soil fertilizers and irrigation regimes on quality and quantity criteria of balangu. Duncan's test at $p \leq 0.05$ tested the significance of differences among means.

Results and Discussion

The results revealed that the irrigation regimes and different fertilizers had significant effects on the quantitative and qualitative characteristics of balangu as a medicinal plant. Compared with irrigation regimes, the highest and lowest values for seed yield were observed in 35 and 89 mm evaporation, respectively. The maximum and minimum values of seed yield were recorded for cow manure and control, respectively. Higher seed yield in cow manure+35 mm evaporation is due to number of seeds and 1000-seed weight. Also, the

1- M.Sc. Student in Horticulture, Physiology and Plant Breeding of Medicinal Plants, Torbat-e Jam Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Jam, Iran.

2- Associate Professor, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran.

3- Assistant Professor, Group of Agriculture and Natural Resources, Torbat-e Jam Branch, Islamic Azad University, Torbat-e Jam, Iran.

(* Corresponding author: a.filabi@rifst.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v13i2.86263

maximum mucilage content as an important factor was related to cow manure+35mm evaporation and the minimum was for 89mm evaporation+ control.

Conclusion

Results of this study indicated that cow manure as organic fertilizer could improve plant height, biological yield, seed yield, 1000-seed weight, seed No. per plant, harvest index, and quality criteria such as mucilage content, swelling factor and mucilage yield of balangu. The importance of cow manure is being realized and its long term adverse effects on soil chemical properties. Besides supplying micronutrients and micronutrients, organic fertilizers also improve the physical and chemical properties of soil. They are also useful in improving the efficiency of fertilizer recovery thereby resulting in higher plant yield. So, to prevent the environmental impact from extensive application of chemical fertilizers, the biological fertilizers could be recommended to insure the society health and a sustainable agriculture. Therefore, 35 mm evaporation and cow manure application is recommended for balangu cultivation under Torbat-e-Jam climatic conditions. Future studies should be conducted to evaluate the influences of different organic fertilizers and irrigation regimes for various climatic conditions.

Keywords: Cow manure, Mucilage content, Sustainable agriculture, Swelling factor

Contents

Kopetdaghi Sainfoin (<i>Hedysarum kopetdaghi</i> Boriss.) as a Rangeland Plant Response to some Environmental Gradients in Nature Habitats of Khorasan Razavi Province	193
M. Dashti, H. Mirdavoudi, S.F. Fazeli Kakhki and N. Azizi	
Analysis of Economic and Energy Indicators in Different Methods of Protective Tillage in Wheat Cultivar (Case Study: Dasht-e Naz Sari Agro-Industrial Company)	209
M. Sharifi, S. Soodmand-Moghaddam, M. Izadi and R. Abbaszadeh	
Evaluation of Environmental Consequences of Conventional Management for Agroecosystems in Khorasan Province	234
A. Koocheki, S. Khorramdel and L. Jafari	
Assessment of the Growth Indices of Intercropped Fennel (<i>Foeniculum vulgare</i>), Sesame (<i>Sesamum indicum</i>) and Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	249
F. Ranjbar, A. Koocheki and M. Nassiri Mahallati	
The Effect of Chemical and Biological Fertilizers on some Physiological and Yield Traits of Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.) under Drought Stress in Saline Soil	269
M. Amiryousefi, M. Tadayon and R. Ebrahimi	
Evaluation of Production Potential, Resources Use Efficiency, and Economical-Ecological Benefits of Bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Intercropped with Pepo (<i>Cucurbita pepo</i> L.) using Mycorrhiza	289
J. Hamzei and S.F. Hosseini	
Evaluation of Yield and Quality Forage in Intercropping Tepary Bean (<i>Phaseolus acutifolus</i> L. Gray) and Millet Cultivars	304
S. Badakhshan, M. Amiri-Nejad, E. Tohidi-Nejad and B. Parsa Motlagh	
Modelling the Effect of Seedling Culture on Yield and Water Use of Maize under Gorgan Environmental Conditions	323
S. Taheri, A. Soltani, B. Kamkar, M. Nazeri and E. Shakeri	
Estimating the Potential Increase of Irrigated Barley Production over Iran via Closure of Yield Gap Based on GYGA Protocol	343
O. Alasti, E. Zeinali, A. Soltani and B. Torabi	
The Effects of Irrigation Levels and Soil Fertilizers on Yield Components and Quantitative and Quality Yield of Balangu (<i>Lallemantia royleana</i> Benth.) under Torbat-e Jam Climatic Conditions	360
H. Jahangiri, A. Mollafilabi and H. Hosseini	

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 13 No. 2 Summer 2021

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Dr. Mohammad Pessarakli, Research Professor, School of Plant Sciences, the University of Arizona

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Mehdi Rastgoo, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Dr. Hamid Shahandeh Research Soil Scientist, Soil and Crop Sciences Department, Texas A & M University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad Press

Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,

P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran

Tel: +98-51- 38804654

Fax: +98-51-38787430

Email: agroecology@um.ac.ir

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