نشریه علمی
بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

دانشگاه فردوسی مشهد

جلد ۱۲ شماره ۱

بهار ۱۳۹۹

(شماره پیاپی ۴۳)

شاپا: ۲۰۰۸-۷۷۱۳

عنوان مقالات

مطالعه دامنه وسیع تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) ۱
علیرضا کوچکی، مهدی عزیزی، علی نوروزیان و سمانه نجیب‌نیا

تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و نیتروژن بر تغییرات وزن خشک و عملکرد گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در دو سامانه خاک‌ورزی ۱۵
مجید جامی‌الاحمدی، سید وحید اسلامی و موسی فرهمند

اثر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر رشد و شاخص‌های رشدی و آب مصرفی گیاه برنج (Oryza sativa L.) در شرایط آب و هوایی گیلان ۳۷
کامیار سبک‌رو فومنی، سعید سیف‌زاده، فرامرز علی‌نیا، سید علیرضا ولدآبادی و محمدرضا یزدانی

ارزیابی بلندمدت تغییرات فشرده‌سازی با استفاده از شاخص تراکم زراعی در بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران طی سال‌های ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ ..... ۵۵
مجیدرضا کیانی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و احمد زارع فیض‌آبادی

اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L. Var. Karoon) ۷۱
بهرام بهزادی، عباس بیابانی، مختار زلفی باوریانی، علی راحمی کاریزکی و حسین حسینی‌مقدم

ارزیابی چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۸۷
علی کعب، محمد شریفی و حسین مبلی

تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش آبی انتهای فصل ۱۰۷
مریم نیازی‌اردکانی، وحید براتی، احسان بیژن‌زاده و علی بهپوری

ارزیابی کارآیی مصرف منابع و پایداری دو بوم‌نظام زراعی سیب‌زمینی (Solanum tuberosum L.) با استفاده از تحلیل امرژی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان) ۱۲۷
حمیدرضا شاه حسینی، محمود رمرودی و حسین کاظمی

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله (*Tritico secale* L.) ۱۴۳
سمیه سوری، رضا امیرنیا، اسماعیل رضائی چیانه و فاطمه شیخ

واکنش گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenmum* L.) به کودهای آلی و تراکم بوته ۱۶۱
پرویز رضوانی مقدم، جواد شباهنگ، اعظم لشگری و مهسا اقحوانی شجری

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه) جلد ۱۲ شماره ۱ بهار ۱۳۹۹

Journal of Agroecology (Quarterly) Vol. 12 No. 1 Spring 2020

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 12 No. 1

Spring 2020

ISSN: 2008-7713

Contents

Study the Wide Range of Plant Density on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars 12
A. Koocheki, M. Azizi, A. Norooziyan and S. Najibnia

Effect of Crop Residue Management and Nitrogen on Variations of Dry Matter and Yield of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under Two Cultivation Systems 34
M. Jami Al-Ahmadi, S.V. Eslami and M. Farahmand

Effects of Rotation Irrigation and Planting Distance on Rice (*Oryza sativa* L.) Growth Indices under Gilan Province Climate Conditions 53
K. Sabokrow Foomani, S. Sayf Zadeh, F. Ali Nia, S.A. Valad Abadi and M.R. Yazdani

Long Term Evaluation of Crops Agronomic Density with Crop Density Index in Iran Crops Production from 1962 to 2011 68
M.R. Kiani, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and A. Zareh Feiz Abadi

Effects of Planting Pattern and Different Nitrogen Levels on Yield and Yield Components of Tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon) 84
B. Behzadi, A. Biabani, M. Zolfi Bavariani, A. Rahemi Karizaki and H. Hosseini Moghadam

Life Cycle Assessment and Estimation of Environmental Pollutants Emission in Sugarcane Production (*Saccharum officinarum* L.) using Artificial Neural Network 105
A. Kaab, M. Sharifi and H. Mobli

Effects of Different Nitrogen Fertilizer Sources and Crop Residues on Yield and Yield Components of Barley (*Hordeum vulgare* L.) under Late Season Water Stress 125
M. Niazi Ardakani, V. Barati, E. Bijanzadeh and A. Behpoori

Evaluating the Resources Use Efficiency and Sustainability Indices for Two Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production Systems using Emergy Analysis (Case Study: Gorgan County) 141
H.R. Shahhoseini, M. Ramroudi and H. Kazemi

Evaluation of Yield and Yield Components of Different Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties in Intercropping With Triticale (*Tritico secale* L.) 158
S. Sori, R. Amirnia, E. Rezaei-Chiyaneh and F. Sheikh

Response of *Echium amoenum* L. to Organic Fertilizers and Plant Density 177
P. Rezvani Moghaddam, J. Shabahang, A. Lashgari, M. Aghhavani Shajari

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.

جلد۱۲ شماره ۱ بهار ۱۳۹۹

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 (به‌ترتیب 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 خرم‌دل، 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: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵
تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴ **نمابر:** ۰۵۱-۳۸۷۸۷۴۳۰
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.
http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology
این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

مطالعه دامنه وسیع تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) ۱
علیرضا کوچکی، مهدی عزیزی، علی نوروزیان و سمانه نجیب‌نیا

تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و نیتروژن بر تغییرات وزن خشک و عملکرد گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در دو سامانه خاک‌ورزی ۱۵
مجید جامی‌الاحمدی، سید وحید اسلامی و موسی فرهمند

اثر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر رشد و شاخص‌های رشدی و آب مصرفی گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط آب و هوایی گیلان ۳۷
کامیار سبک‌رو فومنی، سعید سیف‌زاده، فرامرز علی‌نیا، سید علیرضا ولدآبادی و محمدرضا یزدانی

ارزیابی بلندمدت تغییرات فشرده‌سازی با استفاده از شاخص تراکم زراعی در بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران طی سال‌های ۱۳۴۱ تا ۱۳۹۰ ۵۵
مجیدرضا کیانی، علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی و احمد زارع فیض‌آبادی

اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L. Var. Karoon) ۷۱
بهرام بهزادی، عباس بیابانی، مختار زلفی باوریانی، علی راحمی کاریزکی و حسین حسینی‌مقدم

ارزیابی چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ۸۷
علی کعب، محمد شریفی و حسین مبلی

تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش آبی انتهای فصل ۱۰۷
مریم نیازی‌اردکانی، وحید براتی، احسان بیژن‌زاده و علی بهپوری

ارزیابی کارآیی مصرف منابع و پایداری دو بوم‌نظام زراعی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با استفاده از تحلیل امرژی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان) ۱۲۷
حمیدرضا شاه حسینی، محمود رمرودی و حسین کاظمی

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله (*Tritico secale* L.) ۱۴۳
سمیه سوری، رضا امیرنیا، اسماعیل رضائی چیانه و فاطمه شیخ

واکنش گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenmum* L.) به کودهای آلی و تراکم بوته ۱۶۱
پرویز رضوانی مقدم، جواد شباهنگ، اعظم لشگری و مهسا اقحوانی شجری

اسامی ارزیابان جلد ۱۲ شماره ۱ (بهار ۱۳۹۹) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر محمد بنایان اول	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر حمیدرضا توکلی کاخکی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی طرق
دکتر لیلا جعفری	دانشگاه هرمزگان
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر اسماعیل رضائی چیانه	دانشگاه ارومیه
دکتر حسین صحابی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر فرزین عبدالهی	دانشگاه هرمزگان
دکتر مرتضی گلدانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر المیرا محمدوند	دانشگاه گیلان
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه باهنر کرمان
دکتر فرزاد مندنی	دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر حامد منصوری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان
دکتر سید محسن نبوی کلات	دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
دکتر امین نیکخواه	دانش آموخته دانشگاه فردوسی مشهد

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

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

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

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

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

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

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

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

سخن سردبیر

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

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

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

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

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

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

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

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

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

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

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی‌که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد, رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله ۱ 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 نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی 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، نتیجه گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر ۲۰ کلمه و با قلم بی 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 نتیجه گیری کلی نوشته شود.
- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007).

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

- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999)، Smith & Samuel (2009)و Samuel et al. (2008)
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌ها ی جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملا انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.
- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انکلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

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

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

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

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

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

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

۲- کتاب تالیف شده:

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

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

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

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

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

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

۷- رساله‌های تحصیلی:

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

۸- کنفرانس‌ها ی علمی:

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

۹- گزارش‌های علمی:

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

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

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

۱۰- نرم افزار های کامپیوتری:

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

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

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

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

صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

تلفن: ۳۸۸۰۴۶۵۴-۰۵۱ نمابر: ۳۸۷۸۷۴۳۰-۰۵۱ E-mail: **Agroecology@um.ac.ir**

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

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

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 1-13

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۳-۱

مطالعه دامنه وسیع تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

علیرضا کوچکی[۱*]، مهدی عزیزی[۲]، علی نوروزیان[۳] و سمانه نجیب‌نیا[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۸

کوچکی، ع.، عزیزی، م.، نوروزیان، ع. و نجیب‌نیا، س. ۱۳۹۹. مطالعه دامنه وسیع تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا (*Brassica napus* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲ (۱): ۱۳-۱.

چکیده

به‌منظور تعیین بهترین تراکم بوته ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ به‌اجرا در آمد. فاکتورها شامل دو رقم کلزا (هایولا ۴۰۱ و مودنا) و شش سطح تراکم بوته (۴۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰، ۱۶۰ و ۱۹۰ بوته در مترمربع) بودند. نتایج نشان داد که بین تیمارها از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته، تعدادخورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه، شاخص برداشت و درصد روغن اختلاف معنی‌داری وجود داشت. میانگین عملکرد دانه در رقم مودنا ۱۳/۵ درصد بیشتر از رقم هایولا بود. تعداد خورجین در بوته در رقم مودنا به‌طور معنی‌داری بیشتر از رقم هایولا بود. با افزایش تراکم از ۴۰ تا ۱۹۰ بوته در مترمربع تعداد شاخه فرعی در بوته کاهش و ارتفاع بوته افزایش یافت. تراکم ۷۰ بوته در مترمربع از نظر تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و درصد روغن نسبت به سایر تراکم‌های گیاهی برتری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: روغن، شاخص برداشت، عملکرد دانه

مقدمه

نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که عملکرد دانه، اغلب تحت تأثیر رقابت بین بوته‌ای و درون بوته‌ای قرار می‌گیرد. برای به حداقل رساندن این رقابت و دست یافتن به حداکثر عملکرد دانه، علاوه‌بر تراکم، نحوه توزیع بوته در واحد سطح نیز از اهمیت زیادی برخوردار است (Zamani & Koocheki, 1994). یکی از پیش‌شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به‌منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارآیی آن است (Beheshti et al., 2000; Gasta et al., 2004).

دست‌یابی به این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته ها در واحد سطح زمین میسر است (Ganjali et al., 2004)، توزیع یکنواخت بوته در واحد سطح باعث توزیع مناسب نور دریافتی در درون سایه‌انداز گیاهی می‌شود، بنابراین اثر اصلی آرایش کاشت و تراکم گیاهی بر محصول، عمدتاً به‌علت تفاوت در چگونگی توزیع انرژی تابشی خورشید است و افزایش جذب تابش خورشیدی منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Ozonidoji, 2007).

تراکم گیاهی، یکی از عوامل مهم و مؤثر بر عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. با افزایش تراکم عملکرد تا حدی بالا می‌رود و از آن به بعد، افزایش تراکم تأثیری بر افزایش عملکرد نخواهد داشت (Aliari et al., 2002). شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) گزارش کردند که در گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) با افزایش تراکم گیاهی از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع، تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه، تعداد خورجین در گیاه و تعداد دانه در خورجین کاهش یافت، ولی ارتفاع گیاه افزایش یافت. ازر (Ozer,

۱- استاد، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران.
۳- دانش آموخته دکتری اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.40807

2003) نیز در تحقیقی روی کلزا نتیجه گرفت که از سه فاصله کشت ۱۵، ۳۰ و ۴۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها، فاصله کشت ۴۵ سانتی‌متر بیشترین تعداد شاخه‌های فرعی را تولید کرد که سبب افزایش تعداد خورجین در گیاه شد. علی و همکاران (Ali et al., 1996) در آزمایشی تراکم ۱۰، ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع بر روی کلزا نتیجه گرفتند که در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع، ارتفاع و تعداد شاخه‌ها در گیاه افزایش یافت، در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، بیشترین تعداد خورجین و در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه در واحد سطح تولید شد. در تراکم‌های کم کلزا، علی‌رغم شاخه‌بندی بیشتر، به‌علت کاهش تعداد بوته در واحد سطح، عملکرد نامطلوبی در واحد سطح حاصل می‌شود. علاوه‌براین به‌علت رقابت، نرسیدن نور به اعماق سایه‌انداز گیاهی و افزایش رطوبت نسبی در خرد اقلیم در مزرعه، بوته‌ها در برابر بیماری‌ها حساس‌تر می‌شوند (Amirmoradi, 1999)، تولیت ابوالحسنی (Toliatabolhasan, 1995) نیز در بررسی اثر تراکم و آرایش کاشت بر خصوصیات زراعی و کیفی کلزای زمستانه گزارش کرد که عملکرد دانه تحت تأثیر رقم و آرایش کاشت قرار گرفت، ولی سطوح مختلف تراکم بر عملکرد بی‌تأثیر بود، این واکنش را می‌توان به قدرت تراکم‌پذیری بالای کلزا نسبت داد. هدف از اجرای این تحقیق، مقایسه تأثیر تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه دو رقم کلزا بود.

مواد و روش

این آزمایش در سال زراعی ۹۰- ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا به مرحله اجرا در آمد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. خاک مزرعه در سال قبل آزمایش به‌صورت آیش بود و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. عامل اول شامل دو سطح (رقم پاییزه مودنا[1] و رقم بهاره مقاوم به سرما هایولا ۴۰۱) و عامل دوم شامل تراکم بوته در سطوح ۴۰، ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰، ۱۶۰ و ۱۹۰ بوته در مترمربع بود.

عملیات تهیه زمین شامل شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در ماه مهر پیش از کاشت، اجرا شد و تیمارها در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۱/۲ متر قرار گرفتند. در داخل هر کرت، دو پشته به‌طول سه متر و عرض۶۰ سانتی‌متر ایجاد شد و دو طرف هر پشته، دو خط کشت قرار داشت. کاشت بذر به‌صورت دستی در آبان ماه انجام شد. بعد از سپری شدن مرحله چهاربرگی، بوته‌ها تنک شدند، با تغییر فواصل بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت، تراکم‌های مورد نظر به‌دست آمدند. کودهای شیمیایی سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم به‌ترتیب به‌میزان ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت به زمین اضافه شد. کود اوره نیز به‌میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در طی دو مرحله یکی پس از کاشت و دیگری در اسفند ماه استفاده گردید. وجین علف‌های هرز در طی فصل رشد به‌صورت دستی و بدون استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی صورت پذیرفت. آبیاری در پاییز تا قبل از شروع سرما و در ابتدای فروردین تا زمان رسیدگی به‌فاصله زمانی یک هفته بر اساس عرف انجام شد.

در زمان رسیدگی کامل خورجین‌ها (زرد شدن خورجین)، در پایان فصل رشد با حذف یک ردیف از طرفین و ۰/۲۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت، برداشت نمونه‌های اندام هوایی به‌منظور تعیین میزان عملکرد بیولوژیک (BY)[2] و اقتصادی (EY)[3] انجام شد و اجزای عملکرد شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه که با انتخاب تصادفی پنج بوته در هر کرت تعیین شد، شاخص برداشت دانه (HI)[4] نیز با استفاده از نسبت عملکرد دانه (EY) به کل ماده خشک تولیدی (BY) محاسبه شد.

برای تعیین درصد روغن دانه، از سوکسله (Soxtec System HT, Tecator, Sweden) استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver 9.1 انجام پذیرفت. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. برای گروه‌بندی تیمارهای تراکمی از تجزیه خوشه‌ای و نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اگر چه بین ارقام و برهم‌کنش

1- Modena

2- Biological yield
3- Economical yield
4- Harvest index

ارقام و تراکم‌های مختلف از نظر ارتفاع کلزا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، امّا ارتفاع گیاه در تراکم‌های مختلف از نظر آماری در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۲)، رقم هایولا ۴۰۱ با ارتفاع ۱۲۵/۴۸ سانتی‌متر نسبت به رقم مودنا با ارتفاع ۱۲۳/۹۳سانتی‌متر برتری داشت، گیاهان در تراکم ۱۹۰ بوته دارای بیشترین ارتفاع بودند و به‌ترتیب گیاهان در تراکم‌های ۱۶۰ و ۱۳۰ بوته در مترمربع در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). بر اساس مقایسه‌های میانگین رقم مودنا در تراکم ۱۹۰ بوته در مترمربع دارای بیشترین ارتفاع بود و بعد از آن در تراکم ۱۶۰ بوته در مترمربع همین رقم بالاترین ارتفاع بوته مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ۱ـ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in the experiment

هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	پتاسیم K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر P ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن N (%)
6.6	7.3	40	41	19	267	31.5	0.05

از آن‌جایی‌که نوسانات ارتفاع معمولاً بارزترین مشخصه گیاهی است که تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی می‌باشد (Azizi et al., 2004)، لذا افزایش ارتفاع یک مزیت برای رقابت با سایر گیاهان در جامعه گیاهی محسوب می‌شود که یکی از نتایج آن تشکیل برگ‌های جدید در بالای سایه‌انداز گیاهی می‌باشد. این خصوصیت کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت ازنظر فتوسنتز قرار می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با گزارش برخی از محققان از جمله شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) و علی و همکاران (Ali et al., 1996) مطابقت داشت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر رقم و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا

Table 2-Analysis of variance (mean of squares) of yield and yield components of rapeseed as affected by plant density and cultivars

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	درصد روغن Oil percentage	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه 1000-grain weight	تعداد دانه در خورجین No. of grain per pod	تعداد خورجین در بوته No. of pod per plant	تعداد شاخه فرعی No. of branch per plant	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	0.04^{ns}	0.1^{ns}	22542.7^{*}	134604.8^{*}	0.0004^{ns}	0.1^{ns}	0.3^{ns}	0.09^{ns}	0.02^{ns}
رقم Cultivar (A)	1	0.3^{*}	22.16^{**}	1436522.1^{**}	5651555.3^{**}	0.05^{**}	1.4^{ns}	51.8^{**}	50.6^{**}	21.7^{ns}
تراکم Density (B)	5	3.4^{**}	107.8^{**}	7169830.8^{*}	29972776.4^{**}	1.5^{**}	4.7^{*}	8435.8^{**}	275.7^{**}	948.2^{**}
A×B	5	0.03^{ns}	11.3^{**}	78002.8^{**}	361384.9^{**}	0.02^{*}	3.2^{**}	14.9^{*}	19.3^{**}	5.7^{ns}
خطا Error	22	0.01	0.07	4676.1	36487.3	0.0093	0.05	3.7	1.4	13.07

ns , * * و *: به‌ترتیب نشانه غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد می‌باشد.

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

تعداد شاخه فرعی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام، تراکم بوته و برهم‌کنش رقم و تراکم بوته از نظر تعداد شاخه فرعی در گیاه، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). رقم مودنا دارای ۱۴ درصد شاخه فرعی بیشتر در بوته نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ بود. تراکم ۷۰ بوته در مترمربع دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته و پس از آن تراکم‌های ۱۰۰ بوته و ۴۰ بوته در مترمربع قرار داشتند، به عبارت دیگر با افزایش تراکم از ۷۰ بوته تا ۱۹۰ بوته در مترمربع تعداد شاخه فرعی در گیاه کاهش یافت (جدول ۳). نتایج برخی تحقیقات نشان داده است که با افزایش تراکم گیاهی،

تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد (Amirmoradi, 1999; Azizi et al., 2004; Malhi & Gill, 2004). بر اساس مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل از لحاظ تعداد شاخه فرعی، رقم هایولا در تراکم ۷۰ بوته و بعد از آن نیز رقم هایولا در تراکم ۱۰۰ و ۴۰ بوته در مترمربع در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند، این امر نشان‌دهنده خاصیت تراکم‌پذیری مطلوب این رقم است (جدول ۴). کاهش تراکم منجر به افزایش تعداد شاخه فرعی می‌شود که این امر جبران‌کننده کاهش تعداد بوته‌ها می‌باشد، از طرف دیگر افزایش تراکم بوته کاهش تعداد شاخه فرعی را به‌دنبال دارد (Omidi et al., 2005). از آن‌جا که در تراکم‌های پایین، فضای لازم برای رشد گیاهان بیشتر از تراکم‌های بالاتر می‌باشد، لذا گیاهانی مانند کلزا که قدرت تولید شاخه‌های فرعی را دارند از فضای لازم استفاده کرده و تعداد شاخه‌های جانبی را افزایش می‌دهند و از این طریق می‌توانند عملکرد را در تراکم پایین جبران کنند، از طرف دیگر، در تراکم‌های بالاتر از حد مطلوب به‌دلیل رقابت نوری بین بوته‌های گیاه قادر به تولید شاخه‌های فرعی بیشتر نیست (Gasta et al., 2004; Malhi & Gill, 2004). شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) اظهار داشتند که در کلزا با افزایش تراکم گیاهی از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع، تعداد شاخه فرعی در گیاه کاهش یافت. رائو و همکاران (Rao et al., 1991) در آزمایشی در تاسمانی استرالیا روی یک لاین رایج کلزا به‌نام مارنو و یک لاین بدون گلبرگ، نتیجه گرفتند که لاین بدون گلبرگ در تراکم های ۳۳، ۶۷ و ۱۳۳ بوته در مترمربع در مقایسه با رقم مارنو، انشعابات ثانویه بارور بیشتری تولید کرد، درحالی‌که در مارنو با افزایش تراکم، این انشعابات کاهش یافته و در تراکم ۱۳۳ بوته در مترمربع به صفر رسید که عامل این موضوع را به افزایش سایه‌اندازی در تراکم‌های بالا مربوط دانستند، ولی لاین بدون گلبرگ (آرایش برگ مناسب‌تر) به‌دلیل نفوذ بهتر و بیشتر تابش به درون سایه‌انداز گیاهی، حتی درتراکم‌های بالا نیز انشعاب‌های فرعی بیشتری تولید کرد.

تعداد خورجین در بوته

تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام هایولا ۴۰۱ و مودنا و تراکم‌های مختلف کاشت از نظر تعداد خورجین در بوته، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت و برهم‌کنش رقم و تراکم برای این صفت در سطح احتمال پنج درصد به معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۲). همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود رقم مودنا از لحاظ میانگین تعداد خورجین در بوته نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ برتری معنی‌داری نشان داد و هم‌چنین تراکم ۴۰ بوته درمتربع با میانگین ۹۸/۸۵ خورجین در بوته دارای بهترین رتبه در بین تیمارهای تراکمی بود و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت و بعد از آن تراکم ۷۰ بوته در مترمربع (۸۶/۱۵ خورجین در بوته) قرار داشت و تیمار ۱۹۰ بوته در مترمربع با ۹/۳۵ خورجین در بوته دارای کمترین مقدار میانگین صفت مورد اندازه‌گیری بود. مقایسه‌های میانگین برهمکنش رقم و تراکم نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در بوته متعلق به رقم مودنا (۱۰۰/۳ خورجین در بوته) در تراکم ۴۰ بوته در متربع و کمترین تعداد خورجین در بوته در تراکم ۱۹۰ بوته و در رقم هایولا۴۰۱ مشاهده شد (جدول ۴).

اگر چه در تراکم‌های زیادتر، به‌علت افزایش رقابت درون‌بوته‌ای و کاهش نفوذ نور به اعماق سایه‌انداز گیاهی، تعداد خورجین در بوته کاهش می‌یابد، امّا در تراکم‌های مطلوب، چنین به نظر می‌رسد که به‌علت بالا بودن سرعت رشد و در نتیجه بهبود شاخص سطح برگ، خصوصیات رشدی و به تبع آن فتوسنتز افزایش می‌یابد که درنتیجه باعث بهبود اجزای عملکرد از جمله تعداد خورجین در گیاه می‌شود (Rao et al., 1994). لیچ و همکاران (Leach et al., 1989) با انجام آزمایش‌هایی روی کلزا، گزارش کردند که با افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد خورجین در کلزا به‌دلیل افزایش رقابت کاهش یافت. شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) نیز اظهار داشتند که در گیاه کلزا با افزایش تراکم گیاهی از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع، تعداد خورجین در گیاه کاهش یافت. از آن‌جایی‌که عملکرد دانه در گیاه با تعداد خورجین در گیاه همبستگی مثبت و نزدیکی دارد، تعداد خورجین در گیاه را می‌توان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد به‌حساب آورد، زیرا خورجین حاوی دانه بوده و در مراحل اولیه پر شدن دانه از طریق انجام فتوسنتز در رشد و تکامل دانه مشارکت می‌کنند (Azizi et al., 2004).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده رقم و تراکم بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن کلزا

Table 3- Mean comparison of cultivars and density effects on yield, yield components and oil percentage of rapeseed

تیمار Treatment	درصد روغن Oil percentage (%)	شاخص برداشت Harvest Index (%)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک yield Biological ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد دانه در خورجین No. of grain per pod	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	تعداد شاخه فرعی No. of branch per plant	ارتفاع Plant height (cm)
رقم Cultivar									
هایولا ۴۰۱ Hayola 401	35.37^{b*}	30.31^{b}	2544.15^{b}	8165.28^{b}	3.8^{b}	23.42^{a}	51.16^{b}	15.3^{b}	125.48^{a}
مودنا Modena	35.56^{a}	31.88^{a}	2944.15^{a}	8957.71^{a}	3.88^{a}	23.82^{a}	53.56^{a}	17.5^{a}	123.93^{a}
تراکم بوته Plant density ($plants.m^{-2}$)									
40	34.83 ^{d}	32.41^{c}	3051.57^{c}	9397.4^{b}	3.64^{c}	23.8^{b}	98.85^{a}	19.2^{c}	108.53^{f}
70	36.66 ^{a}	37.44^{a}	4525.9^{a}	1271^{a}	4.72 ^{a}	25.3^{a}	86.15^{b}	24.96^{a}	115.61^{e}
100	36.15^{b}	33.41^{b}	3247^{b}	9562.8^{b}	4.04^{b}	23.55^{bc}	70.7^{c}	21.9^{b}	120.41^{d}
130	35.3^{c}	28.98^{d}	2247^{d}	7740.9^{c}	3.73^{c}	23.25^{bc}	33.55^{d}	13.65^{d}	125.71^{c}
160	34.95^{d}	27.08^{e}	1746.72^{e}	6445.8d^{e}	3.65^{c}	23.05^{c}	16.61^{e}	10.55^{e}	136^{b}
190	34.9^{d}	26.71^{f}	1643.95^{f}	6151.1^{e}	3.24^{d}	22.8^{c}	9.35^{f}	7.6^{f}	142^{a}

* میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون و برای هر جزء، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

* Means with the different letters in each column and for each factor are significantly different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات ارقام کلزا در تراکم‌های مختلف بوته

Table 4- Mean comparison of some traits of rapeseed cultivars in different plant densities

رقم Cultivar	تراکم Plant density (plant.m^{-2})	درصد روغن Oil percentage (%)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژی Biological yield (kg.ha^{-1})	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تراکم Plant density (plant.m^{-2})	تعداد دانه در خورجین No. of grain per silique	تعداد خورجین در بوته No. of silique per plant	تعداد شاخه فرعی No. of branch per plant	ارتفاع Plant height (cm)
مودنا Modena	40	34.9^{a*}	33.44^{d}	3325^{d}	9941.3^{c}	3.5^{ed}	40	24.1^{bc}	100.3^{a}	20.3^{c}	108.76^{e}
	70	36.77^{a}	38.2^{a}	4484.23^{a}	12758.2^{a}	4.68^{a}	70	25^{a}	88.6^{c}	28.63^{a}	115.53^{d}
	100	36.3^{a}	34.39^{c}	3487^{c}	10141^{c}	3.99^{b}	100	23.7^{bc}	71.6^{e}	22.8^{b}	120.3^{cd}
	130	35.5^{a}	30.51^{f}	2427^{g}	7954.7^{e}	3.77^{cd}	130	23.3^{bc}	35.1^{f}	14.3^{e}	126.3^{c}
	160	35^{a}	27.58^{g}	1658.9^{j}	6650.2^{g}	3.6^{ed}	160	23^{c}	16.9^{g}	11f^{g}	138^{ab}
	190	34.9^{a}	27.14^{g}	1598.6^{j}	6273.6^{h}	3.26^{f}	190	22.86^{c}	9.5^{h}	8^{h}	144^{a}
هایولا ۴۰۱ Hayola401	40	34.77^{a}	31.37^{e}	2778^{f}	8853.2^{d}	3.79^{c}	40	23.5^{bc}	95.4^{b}	18.1^{c}	108.3^{e}
	70	36.55^{a}	36.49^{b}	4167^{b}	11356.8^{b}	4.77^{a}	70	24.7^{ab}	84.3^{d}	21.3^{b}	115.7^{d}
	100	36^{a}	33.47^{d}	3007^{e}	8853.5^{d}	4.1^{b}	100	23.4^{bc}	69.8^{f}	21b^{c}	120.5^{cd}
	130	35.11^{a}	27.45^{g}	2067^{h}	7527^{g}	3.7^{cd}	130	23.2^{bc}	32^{f}	13e^{f}	125.1^{b}
	160	34.9^{a}	26.57^{h}	1700.2^{j}	6241.4^{h}	3.7^{cd}	160	23^{c}	16.2^{g}	10.1^{fg}	134^{ab}
	190	34.9^{a}	26.29^{h}	1558^{j}	6228.7^{h}	3.22^{f}	190	22.73^{c}	9.2^{h}	7.3^{h}	140^{a}

* میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

* Means with the different letters in each column are significantly different based on Duncan's multiple range test ($p \leq 0.05$).

تعداد دانه در خورجین

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اگر چه تراکم‌های بوته و برهم‌کنش رقم و تراکم بوته از نظر تعداد دانه در خورجین، به‌ترتیب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد نشان دادند، ولی بین ارقام کلزا از لحاظ صفت مذکور اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). بر اساس مقایسه‌های میانگین تراکم‌های ۷۰ و ۴۰ بوته در مترمربع (به‌ترتیب با ۲۵/۳ و ۲۳/۸ دانه در خورجین) بیشترین و تراکم ۱۹۰ بوته در مترمربع (۲۲/۸ دانه در خورجین) کمترین تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش رقم و تراکم بوته نشان داد که تشکیل دانه در خورجین متفاوت تحت تأثیر ژنوتیپ‌های مختلف کلزا متفاوت است و بر این اساس بیشترین تعداد دانه در خورجین برای رقم مودنا در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۴).

با توجه به اینکه کاهش یکی از اجزای عملکرد معمولاً منجر به افزایش سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر خاصیت جبرانی اجزای عملکرد می‌شود و همچنین با توجه به اینکه وزن هزار دانه معمولاً کمتر دستخوش تغییر می‌شود، بنابراین بیشترین تغییرات در تعداد دانه در خورجین مشاهده می‌شود. نتایج برخی بررسی‌ها همبستگی بسیار بالایی را بین عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین نشان داده است (Omidi et al., 2000). بنابراین انتخاب ارقامی که تعداد دانه در خورجین بیشتر و اندازه دانه‌های بزرگ‌تری تولید می‌کنند، برای حصول عملکرد بالا مفید می‌باشند. با افزایش تعداد دانه در خورجین، مخزن بزرگ‌تری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌شود (Azizi et al., 2004). به نظر می‌رسد که در تراکم‌های زیادتر به‌دلیل رقابت بیشتر بین دانه‌های در حال نمو جهت دریافت مواد پرورده، بسیاری از این دانه‌ها در ابتدای تکامل چروکیده شده و از بین می‌روند و در نتیجه تعداد دانه در خورجین کاهش می‌یابد (Leach et al., 1999; Malhi & Gill, 2004). نتایج برخی دیگر از بررسی‌ها (Amirmoradi, 1999; Chai et al., 1989; Diepenbrock, 2000; Leach et al., 1999) نشان داده است که با کاهش تراکم بوته، تعداد دانه در خورجین افزایش می‌یابد. مندهام و همکاران (Mandham et al., 1981) دریافتند که افزایش تعداد دانه در خورجین، عامل کلیدی در افزایش عملکرد ارقام جدید کلزای استرالیایی به شمار می‌رود، درحالی‌که در برخی منابع افزایش تعداد دانه در خورجین را وابسته به طول خورجین اعلام کردند و بیان کردند که این صفت تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه قرار می‌گیرد (Azizi et al., 2004).

وزن هزار دانه

در این تحقیق بین دو رقم کلزا و اثر متقابل رقم و تراکم‌های بوته از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد و بین تراکم‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم مودنا با وزن هزار دانه معادل ۳/۸۸ گرم نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ با وزن هزار دانه ۳/۸ گرم برتری داشت، تراکم ۷۰ و۱۹۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با ۴/۷۲ و ۳/۲۴ گرم دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه بودند (جدول ۳). مقایسه‌های میانگین اثر متقابل رقم و تراکم نشان می‌دهد که رقم مودنا در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع نسبت به سایر تیمارها برتری دارد (جدول ۴)، درحالی‌که بیان شده است که وزن هزار دانه از جمله مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده عملکرد دانه محسوب شده و به‌شدت تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و تا حدودی ثابت است (Omidi et al., 2005). تفاوت وزن هزار دانه در ارقام و تراکم‌های مختلف بوته کلزا به‌وسیله سایر محققان نیز گزارش شده است (Ahmadzadeh, 2007; Amirmoradi, 1999; Gholipoor et al., 2004).

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام و تراکم‌های بوته و برهم‌کنش رقم و تراکم از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). با توجه به مقایسه‌های میانگین تراکم ۷۰ بوته در مترمربع با عملکرد بیولوژیکی معادل ۱۲۰۷۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تراکم‌ها مطلوب‌تر بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که رقم مودنا در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به رقم دیگر از برتری برخوردار بود، ولی دو رقم در تراکم ۱۹۰ بوته در مترمربع تفاوتی از نظر عملکرد بیولوژیک نداشتند (جدول ۴). به نظر می‌رسد در رقم مودنا به‌علت آرایش برگ مناسب‌تر نفوذ نور به

داخل سایه‌انداز بهتر صورت گرفته و به‌لحاظ فتوسنتز بیشتر، میزان تجمع ماده خشک آن‌ها افزایش یافته باشد. در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع، گیاه کلزا با داشتن فضای مناسب جهت رشد، حداکثر سرعت رشد و حداکثر ماده خشک را نسبت به سایر تراکم‌ها داشت. امیرمرادی (Amirmoradi, 1999) گزارش کرد که بین تراکم‌های بوته کلزا از نظر صفت عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی داری وجود داشت، به‌طوری‌که عملکرد بیولوژیک را برای تراکم‌های۲۰، ۴۰، ۲۶ و ۸۰ بوته در مترمربع، به‌ترتیب ۸۰۲۲،۹۷۰۴،۱۱۸۴۹ و ۹۹۹۱ کیلوگرم در هکتار اعلام نمود. لیچ و همکاران (Leach et al., 1999) گزارش نمودند که در تراکم کمتر و زیادتر از حد مطلوب، عملکرد بیولوژیک حداقل و در تراکم مطلوب، عملکرد بیولوژیک حداکثر بود.

عملکرد دانه

بین ارقام، تراکم و اثر متقابل ارقام و تراکم مورد آزمایش از نظر عملکرد اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد دانه به رقم مودنا تعلق داشت که نسبت به رقم دیگر تفاوت معنی‌داری نشان داد، عملکرد دانه رقم مودنا ۱/۴ برابر رقم هایولا ۴۰۱ بود، بیشترین عملکرد دانه برای تراکم ۷۰ بوته در مترمربع مشاهده شد که نسبت به سایر تراکم‌ها تفاوت معنی‌داری نشان داد، پس از تراکم ۷۰ بوته، سایر تراکم‌ها به‌ترتیب ۱۰۰، ۴۰ و ۱۳۰ بوته در مترمربع در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۳). بررسی نتایج حاصل از مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل حاکی از این است که بیشترین عملکرد به رقم مودنا در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع تعلق داشت و پس از آن رقم هایولا ۴۰۱ در تراکم ۷۰ بوته عملکرد دانه بیشتری داشت (جدول ۴). تحقیقات انجام شده بر روی کلزا نشان می‌دهد که واکنش همه ارقام نسبت به تراکم کاشت یکسان نیست، بدین معنی که ممکن است برخی ارقام با توجه به تعداد برگ و آرایش برگ در طیف مختلف و وسیعی از تراکم، عملکرد نزدیک و یکسانی تولید نمایند و قابل تعمیم به تمام ارقام نباشد. محققین این گونه اعتقاد دارند که با افزایش تراکم از حد مطلوب افزایش عملکرد دانه کاهش می‌یابد و از تراکم کم تا حد مطلوب افزایش عملکرد دانه وجود خواهد داشت (Ahmadi, 1996; Ahmadzadeh, 2007; Leach et al., 1999; Shiranirad & Ahmadi, 1996)، اگرچه در تراکم پایین تعداد خورجین، تعداد شاخه و وزن دانه در گیاه بیشتر است، ولی ازآن‌جایی‌که در تراکم‌های پایین عملکرد دانه در واحد سطح به‌طور نسبی کمتر می‌باشد بنابراین، عملکرد دانه نسبت به تراکم‌های دیگر در پایین ترین سطح قرار می‌گیرد. مقایسه نتایج حاصل از این آزمایش در رابطه با عملکرد دانه با یافته‌های بسیاری از محققان مطابقت داشت. در همین راستا شیرانی‌راد و همکاران (Shiranirad & Ahmadi, 1996)، امیرمرادی (Amirmoradi, 1999)، تولیت‌ابوالحسنی (Toliatabolhassani, 1995) و لیچ و همکاران (Leach et al., 1999) گزارش کردند که عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف کاشت تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشت و تراکم‌های مطلوب از حیث این صفت برتری داشتند.

شاخص برداشت

بین دو رقم کلزا، تراکم‌های مورد بررسی و اثرات متقابل رقم و تراکم از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۱) وجود داشت، (جدول۲). رقم مودنا دارای شاخص برداشت بهتری نسبت به رقم هایولا ۴۰۱ بود و تراکم ۷۰ بوته در مترمربع با شاخص برداشت ۳۷ درصد نسبت به تراکم‌های دیگر از نظر شاخص برداشت برتری داشت (جدول ۳)، همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود رقم مودنا در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع و رقم هایولا ۴۰۱ در تراکم ۱۹۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب با ۳۸/۲ و ۲۶/۲۹ درصد دارای بیشترین وکمترین شاخص برداشت بودند. به نظر می‌رسد که درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن و ضریب تبدیل و کارآیی استفاده از تابش خورشیدی در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بالاتر از تراکم‌های دیگر است، به همین دلیل این تراکم از شاخص برداشت بالاتری برخوردار بود. این نتایج با یافته‌های حاصل از آزمایش رائو و همکاران (Rao et al., 1991) مطابقت داشت. از آن‌جایی‌که شاخص برداشت نشان‌دهنده درصد انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن می‌باشد، لذا می‌تواند به‌عنوان عامل مهمی در افزایش عملکرد مد نظر قرار گیرد (Ahmadzadeh, 2007; Toliatabolhassani, 1995).

درصد روغن

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین ارقام و تراکم‌های مختلف بوته از نظر درصد روغن اختلاف معنی‌داری به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک در صد مشاهده شد، امّا از این نظر اختلاف معنی‌داری بین اثرات متقابل رقم و تراکم مشاهده نشد (جدول ۲). مطابق جدول ۲ رقم مودنا درصد روغن بیشتری نسبت به رقم هایولا

۴۰۱ داشت و تراکم ۷۰ بوته در مترمربع دارای بیشترین درصد روغن در میان تراکم‌های مختلف گیاهی بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع، فضا برای رشدونمو و استفاده از شرایط محیطی مناسب‌تر بوده و بنابراین، میزان روغن تولیدی نیز بیشتر شده است، امّا در تراکم بالا، به‌دلیل رقابت شدید و در تراکم کم نیز به‌علت کاهش تعداد بوته از حد مطلوب، درصد روغن کاهش یافته است. نتایج شیرانی راد و احمدی (Shiranirad & Ahmadi, 1996) نشان داده است که تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن کلزا داشته و تراکم‌های۴۰ و ۸۰ بوته نسبت به تراکم‌های ۱۲۰ بوته در مترمربع برتری داشتند. این پژوهشگران گزارش نمودند که میزان روغن با تغییر تراکم تغییر و با افزایش تراکم از حد مطلوب درصد روغن کاهش می‌یابد. در زمان گل‌دهی کلزا، با ریزش برگ‌ها، مقدار زیادی از سطوح سبز فتوسنتزی گیاه از دست می‌رود و تعداد اندکی برگ، ساقه‌های سبز و خورجین‌ها جایگزین آن می‌شوند. نخستین قطره‌های روغن نیز در حدود ۱۸ روز بعد از گرده‌افشانی در لپه‌ها قابل تشخیص می‌شوند (Azizi et al., 2004)، بنابراین به نظر می‌رسد بین گیاهان مجاور که سطوح فتوسنتزی آن‌ها نیز کاهش یافته، عاملی مانند تراکم بوته بالا موجب افزایش رقابت می‌شوند و باعث کاهش درصد روغن دانه‌ها می‌شوند. گزارش شده است که میزان روغن دانه کلزا عمدتاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است و گزارش‌های دیگری نیز نشان دادند که علاوه‌بر عوامل ژنتیکی، عوامل محیطی نیز بر درصد روغن دانه تأثیر دارند (Azizi et al., 2004). نتایج حاصل از آزمایش حاضر با یافته‌های سایر محققان همچون حسن و همکاران (Hassan et al., 1996)، تولیت‌ابوالحسنی (Toliatabolhassani, 1995) و لیچ و همکاران (Leach et al., 1999) مطابقت داشت که گزارش نمودند با افزایش تراکم گیاهی، در اثر رقابت بین گیاهان، درصد روغن کاهش می‌یابد.

گروه‌بندی تیمارهای تراکمی مختلف بر اساس صفات اندازه‌گیری شده

تیمارهای تراکم مختلف بر اساس صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر در هکتار و شاخص برداشت تحت تجزیه خوشه‌ای قرار گرفتند. در سطح تشابه ۹۰ درصد، تیمارهای تراکمی در دو گروه مجزا قرار گرفتند. تیمارهای ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع که در اکثر صفات اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها داشتند، در یک خوشه قرار گرفتند، و تیمارهای ۱۳۰، ۱۶۰ و ۱۹۰ بوته در مربع، در خوشه مستقل دیگری قرار گرفتند (شکل ۱). همان‌طور که قبلاً در نتایج مشاهده شد (جدول ۲ و ۳) مطلوب‌ترین میزان صفات مورد اندازه‌گیری در تراکم‌های تیمارهای ۴۰، ۷۰ و ۱۰۰ بوته در مترمربع مشاهده شد، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که تراکم‌های مذکور جهت کشت دو رقم مورد مطالعه مناسب‌تر از سایر تراکم‌ها بودند.

شکل ۱- گروه‌بندی تراکم‌های مختلف بر اساس برخی صفات رشدی و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا

Fig. 1- Grouping of different density on yield and yield components of rapeseed

(۱: ۴۰ بوته در مترمربع، ۲: ۷۰ بوته در مترمربع، ۳: ۱۰۰ بوته در مترمربع، ۴: ۱۳۰ بوته در مترمربع، ۵: ۱۶۰ بوته در مترمربع و ۶: ۱۹۰ بوته در مترمربع)

(1:40, 2:70, 3:100, 4:130, 5: 160 and 6:190 plants.m^{-2})

نتیجه‌گیری

در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع بهترین عملکرد در دو رقـم کلـزای بهاره و زمستانه مشاهده شد، رقم مودنا در تمامی صفات از رقم بهـاره مقاوم به سرمای هایولا ۴۰۱ برتری داشت، که نشان‌دهنـده آن اسـت که رقم زمستانه مودنا سازگاری مناسـب‌تـری جهـت کشـت در پـاییز نسبت به رقم دیگر دارد.

سپاسگزاری

بودجه این پژوهش از محل طرح پژوهه شـماره ۱۶۰۳۳/۲ مـورخ ۸۹/۸/۳۰ معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده اسـت که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

Ahmad Zadeh, M., 2007. Genetic diversity in the various layers of rapeseed using morphological traits. M.Sc. Thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran. (In Persian with English Summary)

Ali, M.H., Zaman, S.M.H., and Hossain, S.M.A., 1996. Variation in yield, oil and protein content of rapeseed *(Brassica campestris* L.) in relation to levels of nitrogen, sulphur and plant density. Indian Journalof Agronomy 41 (2): 290-295.

Aliari, H., Shirani rad, A., and Dehshiri, A., 2002. Canola Guide. Journal of Agricultural Education Publication. Tehran, Iran.

Amirmoradi, S., 1999. Effects of planting density on yield, yield components of winter canola cultivars, growth index. M.Sc. Thesis, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Iran. (In Persian with English Summary)

Andersen, M.N., Heidmann, T., and Plavborg, F, 1996. The effects of drought and Nitrogen on light interception, growth and yield of winter oilseed rate. Soil and Plant Science 46(1): 55-67.

Azizi, M., Soltani, A., and khavari, S., 2004. Rapeseed (Physiology, Agronomy, Biological Technology). Mashhad University Press Jihad Daneshgahi, Mashhad, Iran. 232 pp. (In Persian)

Beheshti, A., Koocheki A., and Nassiri Mahallati, M., 2002. Effect of planting pattern on light absorption and conversion efficiency in three varieties of maize canopy. Seed and Plant Production Journal 18(4): 417-431 (In Persian with English Summary)

Chay, P., and Thurling, N., 1989. Variation in pod length in spring rape (*Brassica napus* L.) and its effect on seed yield and yield components. Journal of Agricultural Sciences, Cambridge 113: 139- 147.

Degenhart, D.F., and Kondra, Z.P., 1984. Relationships between seed yield and growth characters, yield components, seed quality of summer-type oilseed rape (*Brassica napus* L.). Euphytica 33(3): 885-889.

Diepenbrock, W., 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Research 67(1): 35-49.

Ganjali, A., Malekzadeh, S., and Bagheri, A., 2000. Review of plant density and arrangement of peas grown under irrigation in the region Neyshabur trend indicators. Journal of Food Science and Agriculture 14(2): 535-536

Gholipour, A.S., Latifi, N., Glzany, K., Ghasemi, E., and Lyary Front, M., 2004. Comparative growth and yield of canola in Gorgan dryland conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(1) 14-28 (In Persian with English Summary)

Gusta, L., Johnson, E.N., Nesbitt, T., and Kirkland, K., 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. Canadian Journa Plant Science 84: 463-471.

Hassan, K.H., and Hakeem, M.S.E., 1996. Response of some rapeseed cultivars to nitrogen rates and plant density under saline conditions at Siwa Oasis. Annals of Agricultural Science Cairo 41(1): 229-242.

Keating, B.A., and Carberry, P.S., 1993. Resource captures and use in intercropping solar radiation. Field Crops Research 34: 273-301.

Kemanian, A.R., Stockle, C.O., and Huggins, D.R., 2004. Variability of barley radiation use efficiency. Crop Science 44: 1662-1672.

Kiniry, J.R., Jones, C.A., and Sparel, D.A., 1989. Radiation use efficiency in biomass accumulation prior to grain filling for five grain crop species. Field Crops Research 20: 51-64

Kiniry, J.R., Simpson, C.E., Schuber, A.M.T., and Reed, J.D., 2005. Peanut leaf area index, light interception

radiation use efficiency and harvest index at three sites in Texas. Field Crops Research 91: 297-306.

Leach, J.E., Stevenson, H.J., Rainbow A.J., and Mullen, L.A., 1999. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science 132(2): 173-180.

Malhi, S., and Gill, K.S., 2004. Placement, rate and source of N, seed row spacing and seeding depth effects on canola production. Canadian Journal Plant Science 84: 719-729.

Mendham, N.J., Shipway, P.A., and Scot, R.K.T., 1981. The effects of delayed sowing and weather on growth, development and yield of winter oil-seed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences, Cambridge 96: 389-416.

Montieth, J., and Unsworth, M., 1990. Principles of environmental physics. Edward Arnold. London, UK. 291 pp.

Morgan, D.G., 1982. The regulation of yield components in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture 33: 1266-1268.

Omidi, H., Tahmasbi Sarvestani, Z., Ghalavand, A., and Modares Sanavi, S.A.M., 2005. Assessment of tillage systems and row spacing on seed yield and oil content of rapeseed cultivars. Iranian Journal of Crop Science 7(2):97-111 (In Persian with English Summary)

Ozer, H., 2003. The effect of plant population densities on growth, yield and yield components of two spring rapeseed cultivars. Plant Soil Environment 49(9): 422-426.

Rao, M.S.S., Mendham, N.J., and Buzza, G.C., 1991. Effect of the apetalous flower character on radiation distribution in the crop canopy, yield and its components in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Science, Cambridge 117: 189-196.

Rietveld, M.R., 1987. A new method for estimating the regression coefficient in the formula relating solar radiation to sunshine. Agricultural Meteorology 19: 243-252.

Shirani Rad, H., and Ahmadi, M.R., 1996. Kashtv history of plant density on crop yield, growth and yield of two cultivars of winter rapeseed oil in Karaj. Congress on Agronomy and Plant Breeding, University of Isfahan, Isfahan, Iran. P. 146. (In Persian)

Sidlauskas, G., and Bernotas, S., 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agronomy Research 1(2): 229-243.

Toliat Abolhasani, M., 2005. Effect of planting density and arrangement on agronomic and quality characteristics of winter rapeseed in Mashhad. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University Tarbiat Modares, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Wells, R., 1991. Soybean growth response to plant density: Relationship among canopy photosynthesis, leaf area and light interception. Crop Science 31: 755- 761.

Zamani, G., and Koocheki, A., 2004. The arrangement and plant density on radiation absorption, seed yield and yield components of maize. Journal of Food Science and Agriculture 8(2): 30-44 (In Persian with English Summary)

Zavareh, M., and Imam, Y., 2000. Help identify stages in the life of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Crop Science 2(1): 14-26 (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 1-13

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۳-۱

Evaluation of a Wide Range of Plant Density on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars

A. Koocheki[1*], M. Azizi[2], A. Norooziyan[3] and S. Najibnia[3]
Submitted: 31-10-2014
Accepted: 08-01-2015

Koocheki, A., Azizi, M., Norooziyan A., and Najibnia, S., 2020. Study the wide range of plant density on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Journal of Agroecology 12 (1):1-13.

Introduction

Canola (*Brassica napus*) is a major oilseed crop in the world, and its oil is used not only for salad and frying but also in the processing of margarines, shortenings, and other food products. Canola (*Brassica napus* L.) is often called a flexible or plastic crop because individual plants can adjust the number and size of branches and pods they produce in response to available moisture, light and nutrients. Therefore, canola naturally compensates for variations in plant population over relatively wide ranges with very little effect on final yield. At plant densities of 70-100 plants per square meter (approximately 7-10 plants per square foot), canola plants normally produce 3-5 secondary branches, in addition to the main stem. At low densities of 20-30 plants per m^2, this plant can produce up to four times the number of branches that stands of 70-100 plants per m^2 produce. Extension of canola cultivation varieties need effective instruments to follow up characters associated with yield and yield components. Therefore, determination of the response of canola cultivars to plant density is principally important and in general plant density is the most important factor which limit yield production on farmlands.

Materials and Methods

In order to determine the best planting density for rapeseed cultivars, this experiment was conducted at the agricultural research field of Ferdowsi University of Mashhad, in 2011. A factorial experiment based on RCBD with three replications was used. Factors were cultivars (Hayola401 and Modena) and planting density (40, 70, 100, 130, 160 and 190 plants.m^{-2}). A composite sample of soil from the surface of the ground down to the depth of 30 cm was taken and sent to a laboratory for determining the physical and chemical features of the soil. Results of tests carried out on these samples showed that the available phosphorous, and the available potassium contents of the soil were 31.5 mg.kg^{-1} and 267 mg.kg^{-1}, respectively. The soil pH was 7.3 with texture containing 40% clay, 41% silt, and 19% sand. Distance between plots was 0.5 meter and between replications 1 meter used as passage way. At crop maturity, five plants were randomly selected from each plot and the seed yield and yield components (including number of seeds per pod, number of pods per plant and the 1000-seed weight) were measured. Analysis of the variance was performed using the SAS statistical software, and comparison of the means was performed on the basis of duncan's multiple range test at five percent probability level.

Results and Discussion

Results showed that there were significantly differences between plant density on rapeseed cultivars. Canola crops need 30-40 plants per m^2 (approximately 3-4 plants per square foot) to maintain yield potential. Plant populations lower than this is more likely to have yield loss. The average grain yield in Modena cultivar was 13.5% higher than in Hayola401 cultivar. Number of pods per plant in Modena was significantly higher than in the Hayola401.When plant density decreased from 40 to 190 plants.m^{-2}, plant height of rapeseed increased. The greatest number of seeds per pod, biological yield, harvest index and oil percentage were observed in 70 plants.m^{-2}.

Conclusion

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi, Iran.
3- Ph.D. in Agroecology, Graduated Student, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.40807

Rapeseed cultivars responded strongly to changes in plant density. The average grain yield in Modena cultivar was higher than in Hayola401 cultivar. The maximum seed yield was observed in 70 plants.m^{-2}.

Acknowledgement

This research was funded by Vice Chancellor for Research of Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Cultivar, Harvest Index, Oil, Planting density, Seed yield

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 15-35

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 35-15

تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و نیتروژن بر تغییرات وزن خشک و عملکرد گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در دو سامانه خاک‌ورزی

مجید جامی‌الاحمدی[1*]، سید وحید اسلامی[1] و موسی فرهمند[2]

تاریخ دریافت: 1397/03/05
تاریخ پذیرش: 1397/06/30

جامی‌الاحمدی، م.، اسلامی، س.و. و فرهمند، م. 1399. تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و نیتروژن بر تغییرات وزن خشک و عملکرد گیاه پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در دو سامانه خاک‌ورزی. بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 35-15.

چکیده

اجتناب از شخم مکرر زمین به‌همراه حفظ بقایای گیاهی و مدیریت تغذیه گیاه می‌تواند به حفاظت و بهبود شرایط خاک و گیاه کمک نماید. در این راستا جهت بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف بقایای گیاهی و کود نیتروژن در دو سامانه مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنبه، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار در سال 1392 انجام شد. عامل اصلی دو سطح خاک‌ورزی معمول (شخم برگردان‌دار) و کم‌خاک‌ورزی (دیسک) بود. عامل فرعی نیز شامل دو سطح نیتروژن (50 و 150 کیلوگرم در هکتار) و پنج سطح بقایای جو (معادل صفر، 77، 154، 231 و 308 گرم در مترمربع) بود که به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی به‌صورت تصادفی توزیع شدند. صفات مورد بررسی شامل درصد سبز شدن، وزن خشک گیاه و عملکرد و اجزای عملکرد بودند. نتایج نشان داد که کاربرد بقایا سبب کاهش سبز شدن پنبه شد. کاربرد مقادیر اندک بقایا سبب کاهش وزن خشک و عملکرد پنبه نسبت به عدم کاربرد شد، ولی با افزایش بقایا مقادیر این صفات به‌ویژه در شرایط کاربرد بیشتر نیتروژن و شخم برگردان‌دار، افزایش زیادی را نشان دادند، به‌نحوی‌که بالاترین میزان عملکرد الیاف به‌میزان 1/04 تن در هکتار در سطح 308 گرم بقایا همراه با 150 کیلوگرم نیتروژن و کاربرد شخم برگردان‌دار حاصل شد. بر مبنای یافته‌ها، در صورت افزودن 100 درصد بقایای محصول قبل به خاک، باید میزان نیتروژن به‌کار برده شده نیز به‌طور متناسب افزایش یابد، در غیر این صورت کاهش معنی‌داری در عملکرد و اجزاء آن به‌ویژه در سطوح بالای بقایا رخ می‌دهد. هم‌چنین به‌نظر می‌رسد حداقل در کوتاه‌مدت اجرای سامانه‌های کم‌خاک‌ورزی تأثیری بر عملکرد نداشته و یا حتی سبب کاهش آن شوند و به مطالعات درازمدت برای تعیین اثربخشی سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی نیاز است.

واژه‌های کلیدی: خاک‌ورزی حفاظتی، دیسک، سبز شدن، شخم برگردان‌دار، عملکرد الیاف

مقدمه

خاک‌ورزی فشرده و کاربرد ماشین‌آلات سنگین در کنار سوزاندن بقایای گیاهی و مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در مزارع از جمله مهم‌ترین دلایل تخریب خاک در نظام‌های کشاورزی رایج بوده و امروزه فرسایش خاک، کاهش مواد آلی خاک و شور شدن اراضی کشاورزی، سه دلیل اصلی برای ناپایدار شدن کشاورزی محسوب می‌شوند. در این راستا، جایگزینی نظام‌های رایج با نظام‌های کشاورزی حفاظتی به‌عنوان یک راهکار مهم در جهت نیل به پایداری، مطرح گردیده و پذیرش جهانی را به دنبال داشته است (Najafi & Zand, 2012; Verhulst et al., 2010) که در آن سه راهکار خاک‌ورزی حفاظتی برای درمان فرسایش خاک، حفظ بقایا برای درمان کاهش ماده آلی خاک و تناوب زراعی نیز برای جلوگیری از شور شدن اراضی در قالب کشاورزی حفاظتی پیشنهاد و ارائه شده‌اند.

1- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، ایران.
2- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.73029

نتایج آزمایش‌های متعدد نشان داده است که سامانه‌های کم و بدون خاک‌ورزی در مقایسه با خاک‌ورزی مرسوم نه‌تنها باعث کاهش هزینه‌های زراعی در طول یک سال شده (Weersink et al., 1992)، بلکه سله بستن لایه سطحی خاک، وزن مخصوص ظاهری و فشردگی خاک را کاهش داده و موجب افزایش ذخیره رطوبت در خاک، عمدتاً در نتیجه نفوذ بهتر آب، کاهش تبخیر و رواناب و افزایش دسترسی عناصر غذایی در خاک می‌شوند (Horne et al., 1992; Opoku & Vyn, 1997). کاربرد چنین سامانه‌هایی در پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) فوایدی از جمله کنترل فرسایش و سلامت خاک دارد (Buman et al., 2005). در آزمایشی مشاهده شد که خاک‌ورزی صحیح باعث کاهش فشردگی خاک و خروج زودتر گیاهچه پنبه شد، هر چند اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و آماده‌سازی بستر کاشت روی محصول وش و کیفیت الیاف معنی‌دار نبود (Aykas & Onal, 2004). قادری‌فر و همکاران (Ghaderi-Far et al., 2012) با بررسی اثرات سامانه‌های خاک‌ورزی بر عملکرد پنبه بعد از کلزا در گرگان به این نتیجه دست یافتند که بوته‌های رشد یافته در سیستم بدون شخم، کوچک‌تر و شاخه‌دهی کمتری داشته و عملکرد وش در این سیستم در مقایسه با سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و رایج کمتر بود. هر چند هزینه‌های زراعی این سیستم نیز در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی مرسوم کمتر است. دیده شده است که در سیستم کم‌خاک‌ورزی (چیزل و دیسک) و بدون شخم در مقایسه با سیستم خاک‌ورزی مرسوم تعداد غوزه در بوته بیشتری وجود داشت، امّا وزن غوزه‌ها به‌دلیل افزایش مقصدها برای دریافت مواد فتوسنتزی، کمتر بود (Mert et al., 2006). از سوی دیگر در یک آزمایش پنج‌ساله دیده شد که عملکرد پنبه در دو سال اوّل در سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم و دیسک و چیزل کمتر بود، ولی در سه سال بعد سیستم بدون خاک‌ورزی باعث افزایش عملکرد و هم‌چنین زودرس‌تر شدن محصول به‌میزان شش تا 10 روز نسبت به سیستم‌های خاک‌ورزی مرسوم شد (Triplett et al., 1996).

مدیریت بقایای گیاهان زراعی یکی دیگر از ارکان اصلی تولید پایدار در کشاورزی بوده و کاربرد بقایای گیاهی و حفظ ماده آلی اهمیت زیادی در توسعه و گسترش سامانه‌های کشاورزی پایدار، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک همچون ایران، دارد؛ بنابراین جهت حفظ خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی آن و حفظ تعادل عوامل زیست‌محیطی، ضرورت حفظ بقایای گیاهی بعد از برداشت و مصرف مواد آلی و افزایش درصد آن در خاک‌های کشور امری اجتناب‌ناپذیراست (Ghooshchi et al., 2011; Sadeghi & Kazemayni, 2012). گزارش‌شده است که افزودن بقایای گیاهی در مقایسه با سوزاندن کامل بقایا، عملکرد ذرت را بیش از 50 درصد بهبود می‌بخشد. این افزایش عملکرد در نتیجه کاهش در تلفات رواناب (تا 50 درصد) و آبشویی عناصر (تا 80 درصد) و نیز بهبود توزیع آب و عناصر غذایی در تمام طول دوره رشد گیاه (تا 80 درصد) حاصل شد (Limon-Ortega et al., 2000).

یکی از مشکلات احتمالی مرتبط با کاربرد بقایای گیاهی در کشت‌های حفاظتی، تأثیرات منفی آن‌ها، از طرق فیزیکی، شیمیایی و یا بیولوژیکی بر سبز شدن و رشد اولیه گیاهانی است که در تناوب زراعی با آن‌ها کشت می‌شوند که می‌تواند موجب عدم ایجاد پوشش سبز یکنواخت در اوایل فصل رشد، مشکلات کشت مجدد و کاهش میزان عملکرد و زیست‌توده تولیدی شود (Abbasdokht & Chaichi, 2003; Layese et al., 2002). یونسی و همکاران (Younesi et al., 2012) گزارش کردند با افزایش مقدار بقایای گیاهان زراعی سرمادوست گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و چاودار (*Secale cereale* L.)، درصد جوانه‌زنی ذرت (*Zea mays* L.)، سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) و سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) از یک روند کاهشی پیروی کرد. هم‌چنین دیده شده است که بقایای گیاهی گندم موجب کاهش ارتفاع بوته سویا و آفتابگردان شده است، درحالی‌که بر ارتفاع سورگوم تأثیری نداشت (Unger & McCalla, 1980). با این وجود، پژوهش‌های زیادی رابطه مستقیم و مثبت بین عملکرد و استفاده از مقادیر مختلف بقایای گیاهی را، به‌ویژه در درازمدت، به اثبات رسانده‌اند (Power et al., 1998). این رابطه مثبت به تغییر در ویژگی‌هایی مانند ماده آلی خاک و چرخه نیتروژن نسبت داده شده است. نتایج به‌دست آمده توسط فیشر و همکاران (Fischer et al., 2002) گویای اثر مثبت برگشت بقایای گیاهی در فراهمی بیشتر نیتروژن و افزایش عملکرد دانه ذرت و گندم است و در طولانی‌مدت اثر برگشت بقایا به خاک از توجیه اقتصادی برخوردار خواهد بود. در یک پژوهش 13 ساله روی گیاه ذرت در هشت سال از 13 سال، متوسط عملکرد برای تیمارهای حذف بقایا 8/4 درصد کمتر از

تیمارهای حفظ بقایای گیاهی بود (Linden et al., 2000). رایت و همکاران (Right et al., 1998) عنوان نمودند که نگهداری بقایای گیاهی سورگوم، سویا و گندم که در تناوب با یکدیگر کاشته شدند طی یک دوره 21 ساله سبب بهبود دانه‌بندی خاک و کاهش وزن مخصوص ظاهری آن به‌دلیل بهبود ابعاد خاک‌دانه‌ها و افزایش خلل‌وفرج خاک شد.

گر چه بقایای گیاهی می‌توانند در درازمدت از جمله منابع مهم تأمین‌کننده نیتروژن در خاک باشند (Kamkar et al., 2009)، ولی در کوتاه‌مدت ممکن است اضافه کردن بقایای گیاهی به خاک، به‌ویژه بلافاصله قبل از کشت، موجب غیرمتحرک شدن نیتروژن خاک شود که مقدار آن به نوع بقایای گیاهی بستگی دارد (Vetch & Randall, 2000). این ممکن است سبب شود در صورت نگهداری بقایای گیاهانی همچون ذرت در سطح مزرعه (Layese et al., 2002)، میزان کود نیتروژن توصیه شده در کشت بعدی برای حفظ و نگهداری کربن آلی کافی نبوده و نیاز به مصرف کود نیتروژن بیشتری باشد؛ بنابراین در سامانه‌های حفظ بقایای گیاهی، کاربرد کودهای نیتروژن‌دار یک عامل کلیدی جهت تولید محصول محسوب شده و بر الگوی ذخیره کربن آلی خاک تأثیر می‌گذارد (Vetch & Randall, 2000). مطالعات انجام شده توسط امام و همکاران (Emam et al., 2011) و صادقی و کاظمینی (Sadeghi & Kazemayni, 2012) در خصوص اثر مدیریت بقایای گیاهی و کود نیتروژن به‌ترتیب بر دو گیاه جو و گندم نشان دادند که در مواردی که بقایا به خاک افزوده می‌شود، بایستی میزان نیتروژن مصرفی نیز متناسب با افزایش بقایا، اضافه شود، در غیر این صورت کاهش معنی‌داری در اجزای عملکرد مشاهده خواهد شد. بدیهی است که رشد رویشی و عملکرد پنبه مثل سایر محصولات وابسته به قابل‌دسترس بودن نیتروژن، و آب، در طول دوره رشد می‌باشد. دیده شده است که کمبود نیتروژن به‌طور کاملاً معنی‌داری سبب کاهش ارتفاع، تعداد غوزه در بوته، وزن تک غوزه و هم‌چنین عملکرد وش پنبه می‌شود (Jamily et al., 2010).

مدیریت صحیح بقایای گیاهی و به‌کار بردن سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی و شخم کاهش‌یافته در مقایسه با سامانه‌های معمول شخم (مانند شخم برگردان‌دار) می‌توانند سبب صرفه‌جویی در هزینه‌ها و انرژی ورودی و نیز افزایش ذخیره رطوبت و مواد آلی خاک شوند. با این‌حال، بدیهی است که هرگونه تغییری در نوع عملیات زراعی، می‌تواند رشد و عملکرد محصولات را تحت تأثیر قرار دهد و از این جهت، لزوم بررسی همه‌جانبه آن ضروری به نظر می‌رسد. پنبه گیاهی استراتژیک است که تأثیرات مهمی در اقتصاد کشور، از جمله تأمین کالاهای اساسی جامعه (نظیر نخ، پارچه، روغن، علوفه دام و غیره)، تأثیر در صنعت و اقتصاد کلی کشور نظیر کارخانه‌های نساجی، پنبه‌پاک‌کنی، روغن‌کشی، کارگاه‌های قالی‌بافی و ...، و تأثیر در اشتغال‌زایی دارد، به‌طوری‌که زراعت پنبه بیش از سایر محصولات زراعی اشتغال‌زا بوده و با ایجاد یک شغل در زراعت پنبه، حدود پنج فرصت شغلی در بخش‌های صنعت و خدمات وابسته نیز فراهم می‌آید (Azad Disfani et al., 2014). استان خراسان جنوبی با تولید 34 هزار تن پنبه در سال و سطح زیر کشت 13 هزار هکتار از اراضی آبی رتبه دوم تولید پنبه را در کشور دارد (Hosseini et al., 2016). در حال حاضر عمده کشت پنبه در بسیاری از مزارع کشور و به‌ویژه این استان به‌شکل مرسوم و پس از حذف بقایای محصول قبلی انجام می‌گیرد و بررسی‌های زیادی روی اهمیت بقایای گیاهی در این گیاه، در ایران انجام‌نشده است. معرفی ارقام زودرسی مانند رقم خرداد امکان کشت دوگانه این گیاه را پس از برداشت غلات فراهم کرده است. ازآنجاکه در مورد اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی بر عملکرد پنبه بعد از غلات در شرایط حفظ بقایای گیاهی اطلاعاتی وجود ندارد و جایگزینی این سیستم به‌جای سیستم خاک‌ورزی رایج، نیاز به مطالعات جامع دارد، لذا این تحقیق با هدف بررسی برهم‌کنش بقایای گیاهی جو و سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد محصول پنبه در دو سامانه خاک‌ورزی (خاک‌ورزی معمول با شخم برگردان‌دار و کم‌خاک‌ورزی با دیسک) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال 1392 در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند واقع در کیلومتر پنج جاده بیرجند– کرمان، با عرض جغرافیایی ′56 و °32 شمالی، طول جغرافیایی ′13 و °59 شرقی و 1480 متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. قبل از عملیات کاشت نمونه‌گیری از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک صورت گرفت و بافت آن در آزمایشگاه تعیین شد. خاک مزرعه آزمایشی دارای بافت لومی، pH معادل 7/4 و هدایت الکتریکی عصاره اشباع برابر با 3/2 بود. مقادیر نیتروژن و ماده آلی خاک نیز به‌ترتیب برابر 0/025 و 29 درصد بودند.

این تحقیق در قالب طرح اسپلیت فاکتوریل با سه تکرار اجرا گردید. عامل اصلی دو سطح خاک‌ورزی شامل خاک‌ورزی معمول و کم‌خاک‌ورزی بود که به‌ترتیب با شخم برگردان‌دار و دیسک انجام گرفت. عامل فرعی شامل دو سطح نیتروژن (50 و 150 کیلوگرم در هکتار) و پنج سطح بقایای جو (صفر، 25، 50، 75 و 100 درصد به‌ترتیب معادل صفر، 77، 154، 231 و 308 گرم در متر مربع) بود که به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی به‌صورت تصادفی توزیع شدند. مساحت هر کرت آزمایشی 15 مترمربع (شش متر طول و 2/5 متر عرض) در نظر گرفته شد که شامل چهار ردیف کشت با فاصله بین ردیف 60 سانتی‌متر، فاصله روی ردیف 15 سانتی‌متر و فاصله بین کرت‌ها 120 سانتی‌متر و تراکم کاشت حدود 11 بوته در مترمربع بود.

پیش از شروع آزمایش، در تاریخ 92/3/15 در موقع رسیدن دانه جو، یک مترمربع از سطح مزرعه‌ای که قبلاً برای کاشت مشخص شده بود، به‌اندازه ارتفاع برداشت کمباین غلات (15 سانتی‌متر)، با دست برداشت شده و بعد از جداسازی دانه از کاه، میزان کاه‌وکلش باقی‌مانده محاسبه و معادل سطح 100٪ بقایا (308 گرم در مترمربع) در نظر گرفته شد و میزان بقایای هر کرت بر طبق آن تنظیم شد. بلافاصله پس از آن عملیات خاک‌ورزی زمین توسط شخم معمول به‌وسیله گاوآهن برگردان‌دار تا عمق 30 سانتی‌متری و یا کم-خاک‌ورزی به‌وسیله دیسک انجام پذیرفت و ردیف‌های کاشت با استفاده از فاروئر با فاصله مورد نظر (60 سانتی‌متر) ایجاد شدند.

تمامی کود فسفره (به‌نسبت 200 کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار) پیش از کاشت به زمین داده شد و کود نیتروژن (به‌نسبت 50 و 150 کیلوگرم در هکتار، بر حسب تیمار مورد نظر) به‌صورت سرک در سه مرحله (یک‌سوم در هنگام کاشت، بعد از تنک نهایی و دو هفته پس از تنک نهایی) به‌نسبت مساوی در اختیار گیاه قرار گرفت. برای ممانعت از تداخل کودی بین کرت‌ها، جوی‌های آب جداسازی گردید. کاشت پنبه در تاریخ 30 خرداد سال 1392 با استفاده از بذر سوپرالیت رقم خرداد با دست، در وسط پشته‌ها به‌عمق چهار تا پنج سانتی‌متر انجام شد. قبل از کاشت، بذرهای پنبه با سم تیودیکارپ (80 درصد گرانول قابل‌انتشار در آب) با نسبت پنج در هزار ضدعفونی شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت و در طول فصل رشد نیز آبیاری بر اساس عرف منطقه (هر هفت روز یک‌بار) و در آخر فصل برای تسریع رسیدگی غوزه‌ها هر 10 روز یک‌بار انجام پذیرفت. پس از سبز شدن عمل واکاری در مکان‌های لازم صورت پذیرفت و پس از اطمینان از استقرار، بوته‌ها در مرحله چهاربرگی به‌فاصله 7/5 سانتی‌متر و در مرحله شش تا هشت‌برگی به‌فاصله 15 سانتیمتر تنک شدند.

به‌منظور تعیین درصد سبز شدن، پیش از تنک کردن شمارش از دو ردیف وسط به‌طول نیم متر انجام پذیرفت (Jami Al-Ahmadi, 1998). سپس درصد سبز شدن (100× تعداد کل بذر کاشته شده/ تعداد بذر سبز شده =درصد سبز شدن) تعیین شد. جهت تعیین وزن خشک گیاه، در 30، 60 و 90 روز پس از کاشت، تعداد سه بوته از هر کرت از سطحی معادل 0/27 مترمربع به‌صورت تصادفی برداشت و نمونه‌ها به‌تفکیک برگ و ساقه به‌مدت 72 ساعت در دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و سپس با ترازو (با دقت 0/001 و 0/01 گرم) اقدام به توزین شد. نمونه‌برداری به‌منظور تعیین عملکرد با رعایت اثر حاشیه‌ای تنها از دو ردیف وسط هر کرت در دو چین با دست انجام گرفت که چین اول و دوم به‌ترتیب در 92/7/5 و 92/8/17 پس از رسیدگی فیزیولوژیک محصول انجام پذیرفت. در هر چین پس از برداشت غوزه‌ها وزن آن‌ها تعیین و مجموع وزن غوزه‌ها در دو چین به‌عنوان عملکرد غوزه در نظر گرفته شد. سپس در هر چین، وش از غوزه‌ها جداسازی و با ترازوی دقیق اندازه‌گیری و سپس وزن وش چین اول و دوم با هم جمع شد تا عملکرد وش برحسب تن در هکتار به‌دست آید. پس از جدا کردن پنبه‌دانه‌ها از الیاف، وزن الیاف هر کرت با استفاده از ترازوی با دقت 0/01 اندازه‌گیری شد. وزن پنبه‌دانه از تفاوت بین عملکرد وش و عملکرد الیاف محاسبه شد. عملکرد ماده خشک (وزن خشک در بالای سطح خاک) نیز با قطع 10 بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت از محل طوقه و قرار دادن آن‌ها به‌مدت 72 ساعت در دمای 70 درجه در آون و توزین آن‌ها، محاسبه گردید.

پس از جمع‌آوری داده‌ها آزمون نرمال‌سازی داده‌ها با نرم‌افزار Sigma-plot (نسخه 14) انجام شد و در صورت نیاز تبدیل مناسب روی آن‌ها انجام شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 8.1 و مقایسه میانگین‌ها با روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (FLSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت و برای سایر محاسبات آماری و رسم نمودارها، جداول و اشکال از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن پنبه

اثر اصلی شخم و بقایای جو و اثر متقابل شخم در بقایای جو تأثیر معنی‌داری بر درصد سبز شدن پنبه در سطح احتمال یک درصد داشت؛ امّا اثر اصلی نیتروژن و اثرات متقابل شخم × نیتروژن، بقایا × نیتروژن و اثر سه‌گانه شخم × بقایا × نیتروژن بر درصد سبز شدن پنبه اثر معنی‌داری نداشت (جدول 1).

درصد سبز شدن در شخم برگردان‌دار (46/8٪) به‌طور معنی‌داری بیشتر از کاربرد دیسک (38/1٪) بود. از سوی دیگر، درصد سبز شدن در هر دو سامانه خاک‌ورزی به‌طور نمائی با افزایش میزان بقایا در سطح خاک کاهش نشان داد (شکل 1).

بیشترین درصد سبز شدن مربوط به بقایای صفر (بدون بقایا) در شخم برگردان‌دار و کمترین میزان سبز شدن مربوط به کم‌خاک‌ورزی (دیسک) با بقایای 308 گرم در مترمربع بود. دلایل متعددی برای اثرات منفی بقایای گیاهی روی سبز شدن و رشد گیاه بعدی وجود دارد. برای مثال، تجمع زیاد بقایا، به‌ویژه در سامانه‌های شخم حداقل و بدون شخم، ممکن است مانع تماس کافی بذرها با خاک شده و نیز از طریق سایه‌اندازی و انعکاس بخش قابل‌توجهی از نور تابیده شده بر سطح خاک موجب کاهش دمای خاک شده و لذا بذور دیرتر جوانه خواهند زد (Allmaras et al., 2001; Griffith et al., 2000; Layese et al., 2002). چنین احتمالی توسط ایران‌نژاد و همکاران (Irannejad et al., 2002) نیز تائید شده است. آن‌ها بیان داشتند کاهش تعداد بذور سبز شده پنبه رقم ورامین در تیمار کلش می‌تواند مربوط به کاهش درجه حرارت خاک باشد. این امر به‌ویژه در سامانه کم‌خاک‌ورزی با دیسک که در آن بقایا به‌خوبی با خاک مخلوط نشدند مشهود است (شکل 1). تحقیقی که توسط جانسون و ساندرس (Johnson & Saunders, 2003) در مورد واکنش گیاه پنبه نسبت به روش‌های مختلف خاک‌ورزی انجام گرفت نشان داد که میزان درصد سبز شدن گیاه در روش مرسوم شش درصد بیشتر از روش بی‌خاک‌ورزی بود.

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات درصد سبز شدن و وزن خشک گیاه پنبه در 30، 60 و 90 روز پس از سبز شدن تحت تأثیر نوع شخم، سطوح بقایا و کود نیتروژن

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) of emergence percentage and dry weight of cotton plants at 30, 60 and 90 days after planting influenced by cultivation method, plant residue levels and nitrogen fertilizer

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	سبز شدن Emergence	وزن خشک برگ Leaf dry weight			وزن خشک ساقه Stem dry weight			وزن خشک کل Total dry weight		
			30	60	90	30	60	90	30	60	90
بلوک Replication (Rep.)	2	11.28 ns	0.18ns	1.89ns	37.93ns	0.002ns	14.67ns	38.84ns	0.008 ns	13.93 ns	71.50 ns
خاک‌ورزی Cultivation (Cult.)	1	1128.44**	81.66**	2552.86**	7678.13**	8.31**	17.26**	11436.66*	133.25**	10999.13**	37856.84*
Rep. × Cult.	2	2.38 ns	0.14 ns	7.69 ns	61.01 ns	0.07**	6.84 ns	110.14 ns	0.84**	65.24 ns	302.04 ns
بقایا Residue (Res.)	4	1402.18**	5.94**	353.99**	1371.96**	11.29**	28.14**	1120.98**	104.82**	1403.54**	4949.84**
نیتروژن Nitrogen (N)	1	2.52 ns	164.80**	277.05**	1945.79**	47.00**	120.68**	2179.00**	402.81**	763.46**	8243.00**
Cult. × Res.	4	30.03**	2.30**	39.36*	117.80**	1.62**	94.81**	262.68**	5.97**	254.65**	714.65**
Cult. × N	1	1.35 ns	26.03**	54.75*	279.53**	0.49**	0.04ns	251.70*	29.47**	58.04ns	1061.76**
Res. × N	4	0.207ns	0.33ns	32.55*	48.30ns	0.34**	13.43ns	20.79ns	1.33**	81.71**	73.12ns
Cult. × Res. × N.	4	1.39ns	0.89**	41.68**	31.52ns	0.64**	14.33ns	80.67ns	2.00*	103.76*	204.24*
خطا Error	36	3.24	0.18	10.68	27.79	0.01	14.67	33.90	0.10	34.87	66.35
ضریب تغییرات C.V (%)		4.23	5.67	13.02	12.72	2.98	17.26	14.28	2.91	12.48	9.91

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

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

دگرآسیبی بقایای گیاهی، به‌ویژه غلات یک‌ساله سرمادوست همچون جو (Sánchez-Moreiras et al., 2004; Villagrasa et al., 2006; Younesi et al., 2012) نیز می‌تواند اثرات منفی بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهان بعدی در تناوب زراعی گذاشته و در نتیجه موجب عدم ایجاد پوشش سبز یکنواخت شود (Abbasdokht & Chaichi, 2003). ضیاءحسینی و همکاران (Zia-Hosseini et al., 2002) نیز با تحقیقی که بر روی اثر آللوپاتیک مقادیر و سنین مختلف بقایای آفتابگردان بر سبز شدن و رشد پنبه انجام دادند نتیجه گرفتند که مقادیر مختلف بقایای آفتابگردان سبز شدن پنبه را 25 تا 62/5 درصد نسبت به شاهد کاهش دادند.

شکل 1- روند کاهش نمائی درصد سبز شدن پنبه در واکنش به سطح بقایای گیاهی جو در دو سامانه خاک‌ورزی شخم برگردان‌دار (خط نقطه‌چین: $R^2 = 0.90$, $y=60.142e^{-0.002x}$) و دیسک (خط راست: $y=49.044e^{-0.002x}$، $R^2 = 0.79$)

Fig. 1- The exponential decay pattern of cotton emergence in response to the level of barley plant residues in two cultivation systems of moldboard plowing (dotted line, $y = 60.142e^{-0.002x}$, $R^2 = 90$) and disk (Straight line, $y = 49.044e^{-0.002x}$, $R^2 = 0.79$)

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون FLSD می‌باشند.

Means with at least a similar letter do not have a significant difference at the 5% probability level based on the FLSD test.

وزن خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثرات هر سه تیمار اصلی سامانه خاک‌ورزی، میزان بقایا و نیتروژن در هر سه مرحله نمونه‌گیری (30، 60 و 90 روز پس از کاشت) بر وزن خشک برگ، ساقه و کل گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 1). اثرات متقابل شخم در بقایا در همه مراحل تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ، ساقه و کل گیاه پنبه داشت، درحالی‌که اثر متقابل شخم در نیتروژن تنها تأثیر معنی‌داری بر وزن برگ در هر سه مرحله گذاشت و بر وزن خشک ساقه و کل فقط در 30 و 90 روز پس از کاشت معنی‌دار بود. وزن خشک گیاه چندان تحت تأثیر متقابل بقایا در نیتروژن قرار نگرفت. هم‌چنین وزن خشک کل در همه مراحل تحت اثر سه‌گانه معنی‌دار خاک‌ورزی، بقایا و نیتروژن قرار گرفت (جدول 1).

وزن خشک برگ، ساقه و کل گیاه پنبه در همه مراحل در خاک‌ورزی مرسوم (شخم برگردان‌دار) بیشتر از کم‌خاک‌ورزی (دیسک) بود و این اختلاف با پیشرفت فصل، بیشتر شد؛ به‌عبارت‌دیگر گیاهان کشت شده با سامانه خاک‌ورزی شخم برگردان-دار در طی فصل سرعت تجمع ماده خشک بیشتری داشتند. برای مثال وزن خشک برگ گیاهان در سامانه شخم برگردان‌دار در 30 روز پس از کاشت حدود 36/8 درصد بیشتر از گیاهان در سامانه دیسک بود و این اختلاف در 90 روز پس از کاشت به 75 درصد رسید. این برتری سامانه شخم برگردان‌دار در 30 و 90 روز پس از کاشت برای وزن خشک ساقه به‌ترتیب 27/3 و 103/5 و برای وزن خشک کل 32/3 و 88/2 درصد بود (جدول 2).

در بین سطوح نیتروژن نیز با کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، وزن خشک برگ، ساقه و کل بیشتری در همه مراحل نسبت به 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد، به‌طوری‌که در 90 روز پس از کاشت وزن خشک برگ، ساقه و کل در سطح 150 در مقایسه با سطح 50 کیلوگرم نیتروژن به‌ترتیب 31/9، 34/7 و 33/3 درصد

بیشتر بود (جدول 2). نیتروژن در سطح سلولی، تعداد و حجم سلول‌ها را افزایش می‌دهد و سبب افزایش سطح برگ و دوام آن و افزایش کارآیی جذب تابش توسط گیاه و در نتیجه بهبود تولید زیست‌توده می‌شود (Basso & Ritchie, 2005; Marbet, 2000)؛ نیتروژن هم‌چنین یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان تجمع ماده خشک گیاهان است (Plénet & Lemaire, 2000).

جدول 2- مقایسه‌های میانگین اثرات اصلی شخم و نیتروژن بر وزن خشک برگ، ساقه و کل (گرم در مترمربع) پنبه رقم خرداد در 30، 60 و 90 روز پس از کاشت

Table 2- Mean comparisons for main effects of cultivation and nitrogen on leaf, stem and total dry weight ($g.m^{-2}$) of cotton at 30, 60 and 90 days after planting

فاکتور Factor	سطح Level	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)			وزن خشک ساقه Stem dry weight ($g.m^{-2}$)			وزن خشک کل Total dry weight ($g.m^{-2}$)		
		30	60	90	30	60	90	30	60	90
خاک‌ورزی Cultivation	برگردان‌دار Moldboard	8.70 a*	31.62 a	52.72 a	3.92 a	29.20 a	54.87 a	12.62 a	60.83 a	107.31 a
	دیسک Disk	6.36 b	18.57 b	30.10 b	3.18 b	15.17 b	26.97 b	9.54 b	33.75 b	57.02 b
نیتروژن Nitrogen ($kg.ha^{-1}$)	50	5.87 b	22.95 b	35.72 b	2.66 b	20.76 a	34.75 b	8.54 b	43.72 b	70.47 b
	150	9.19 a	27.25 a	47.11 a	4.38 a	23.60 b	46.80 a	13.72 a	50.85 a	93.91 a

* در هر ستون و برای هر یک از اثرات خاک‌ورزی یا نیتروژن، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* In each column and for each main effects of soil tillage or nitrogen, means with at least one similar letter are not significantly different at the 5% probability level based on the FLSD test.

در مورد اثر اصلی بقایا، در هر سه مرحله نمونه‌گیری، بیشترین وزن خشک برگ، ساقه و کل در سطح صفر بقایا حاصل شد. در 30 و 60 روز پس از کاشت، با افزایش کاربرد بقایا، وزن خشک گیاه به‌طور خطی کاهش نشان داد و شیب این کاهش در 60 روز بسیار بیشتر از 30 روز پس از کاشت بود (شکل 2) که نشان می‌دهد تا این مرحله وجود بقایا مشکلاتی را برای رشد پنبه ایجاد کرده‌اند، به‌ویژه اینکه گیاه پنبه در اوایل رشد دارای رشد بسیار بطئی است. با این وجود با پیشرفت فصل واکنش متفاوتی از تجمع وزن خشک به سطوح بقایا دیده شد، به‌طوری‌که در 90 روز پس از کاشت یک روند افزایشی در وزن خشک با افزایش میزان بقایا مشاهده شد (شکل 2).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه نوع شخم در میزان بقایا در سطوح کودی نیتروژن بر وزن خشک کل پنبه حاکی از آن بود که وزن خشک پنبه تحت تأثیر هر سه عامل قرار گرفت، به‌طوری‌که در هر سه مرحله بیشترین وزن خشک کل از تیمار بقایای صفر و نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار در سامانه شخم برگردان‌دار به‌دست آمد (شکل 3).

در دو مرحله 30 و 60 روز پس از کاشت، روند کلی نشانگر افت وزن خشک پنبه در همه سطوح تیماری با افزایش میزان مصرف بقایای جو از صفر به 308 گرم در مترمربع بود و این کاهش در هر دو سامانه شخم (معمول و کم‌خاک‌ورزی) در سطح 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار محسوس‌تر از 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود که خود نشانگر متناسب نبودن نسبت مقدار نیتروژن به‌کار برده شده با میزان بقایا است. دیده شده است که با افزایش مقادیر بقایای گیاهان سرمادوست (گندم، جو و چاودار) مقدار زیست‌توده گیاهان مورد ارزیابی (سورگوم، سویا و ذرت) کاهش پیدا می‌کند (Younesi et al., 2012)، به‌ویژه زمانی‌که مقادیر زیاد بقایای گیاهی بدون مصرف نیتروژن کافی به‌کار برده شوند (Singh et al., 2004). نیتروژن نقش اساسی در دستیابی به عملکرد بالای کمّی و کیفی در محصولات زراعی ایفا می‌کند (Cassman et al., 2003) و کاربرد بقایای زیاد در خاک می‌تواند میزان نیتروژن خاک را تحت تأثیر قرار دهد. تحت این شرایط، احتمال می‌رود که مقدار نیتروژن خاک به‌دلیل فعالیت تجزیه میکروارگانیسم‌ها کاهش‌یافته و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهد (Amini et al., 2014). هر چند در 90 روز پس از کاشت افزایش تدریجی در وزن خشک با کاربرد بقایا مشاهده شد (شکل 3) که

نشان‌دهنده نیاز برای زمان جهت تجزیه بقایا و احتمالاً آزادسازی نیتروژن است. این افزایش به‌ویژه در سامانه شخم برگردان مشهود بود.

در 30 و 60 روز پس از کاشت کمترین وزن خشک مربوط به تیمار 50 کیلوگرم نیتروژن در سامانه دیسک با کاربرد 308 گرم بقایا در مترمربع بود، امّا در مرحله 90 روز پس از کاشت، کمترین وزن خشک در همین ترکیب تیماری دیسک و 50 کیلوگرم نیتروژن، امّا در سطح 77 گرم بقایا در مترمربع حاصل شد. اصولاً با کاربرد دیسک، اختلاف چندانی بین کاربرد 50 و 150 کیلوگرم نیتروژن به‌ویژه در مراحل 60 و 90 روز پس از کاشت هنگام کاربرد بقایا مشاهده نشد، درحالی‌که در شرایط عدم کاربرد بقایا، کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن سبب افزایش 58 درصدی وزن خشک نسبت به 50 کیلوگرم نیتروژن شد و چنین به نظر می‌رسد کاربرد نیتروژن بیشتر، به‌ویژه در سامانه شخم برگردان‌دار، سودمندتر بوده است (شکل 3). چنین اثرات سودمندی از نیتروژن بر زیست‌توده ذرت و پنبه در سایر گزارش‌ها نیز وجود دارد (Koocheki et al., 2015; Peng et al., 2010)، به‌ویژه که وجود بقایای بیشتر در سطح خاک سبب تغییر نسبت C/N می‌شود. در این شرایط میزان نیتروژن موجود در خاک توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و گیاه در طی فصل رشد با کمبود نیتروژن مواجه می‌شود (Amini et al., 2014).

عملکرد ماده خشک

نتایج آنالیز جدول تجزیه واریانس داده‌های آزمایش نشان داد که اثرات اصلی نوع سامانه خاک‌ورزی، میزان بقایای گیاهی، سطوح نیتروژن ($p\leq 0/01$) و برهم‌کنش اثرات متقابل شخم در بقایا، شخم در نیتروژن ($p\leq 0/01$) و بقایا در نیتروژن ($p\leq 0/05$) بر عملکرد ماده خشک گیاه پنبه تأثیر معنی‌داری داشت؛ امّا اثر سه‌گانه شخم در بقایا در نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد ماده خشک گیاه پنبه نشان نداد (جدول 3).

Leaf, 30 DAP	y= -0.0162x + 10.014	r^2 = 0.9033
Leaf, 60 DAP	y = -0.0416x + 31.5	r^2 = 0.8685
Stem, 30 DAP	y = -0.0078x + 4.748	r^2 = 0.956
Stem, 60 DAP	y = -0.0423x + 28.698	r^2 = 0.9129
Total, 30 DAP	y = -0.0236 x + 14.772	r^2 = 0.915
Total, 60 DAP	y = - 0.0839 x + 60.206	r^2 = 0.8917

شکل 2- روند تغییرات وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته‌های پنبه در 30، 60 و 90 روز پس از کاشت در سطوح مختلف بقایای گیاهی

Fig. 2- Variations trend in leaf, stem and total dry weight of cotton plants at 30, 60 and 90 days after planting (DAP) at different levels of plant residues

معادله‌های آورده شده مربوط به خطوط رگرسیونی برازش‌یافته در 30 و 60 روز پس از کاشت می‌باشند.

The presented equations are related to fitting regression lines at 30 and 60 days after planting.

شکل 3- تغییرات وزن خشک کل پنبه در 30 (a)، 60 (b) و 90 (c) روز پس از کاشت تحت اثر متقابل مقادیر مختلف بقایای جو (صفر، 77، 154، 231 و 308 گرم در مترمربع) و کود نیتروژن (50 و 150 کیلوگرم در هکتار) در دو سامانه خاک‌ورزی با دیسک (ستون‌های روشن) و شخم برگردان‌دار (ستون‌های تیره)

Fig. 3- Changes in the total dry weight of cotton at 30 (a), 60 (b), and 90 (c) days after planting under the interaction of various amounts of plant residues (zero, 77, 154, 231 and 308 g.m^{-2}), and Nitrogen fertilizers (50 and 150 kg.ha^{-1}) in two soil tillage systems with disks (bright columns) and moldboard plowing (dark columns)

برای هر تاریخ، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون FLSD می‌باشند.

For each date, means with at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level, based on the FLSD test.

عملکرد ماده خشک گیاه پنبه تحت تأثیر نوع سامانه خاک‌ورزی قرار گرفت و میزان آن در شخم برگردان‌دار بیشتر از دیسک بود (جدول 4). هم‌چنین با افزایش بقایای گیاهی از 77 به 308 گرم در مترمربع و نیز با افزایش کود نیتروژن از 50 به 150 کیلوگرم در هکتار، عملکرد ماده خشک گیاه پنبه افزایش پیدا کرد (جدول 4).

نتایج مقایسه‌های میانگین اثر متقابل شخم در بقایای جو بر عملکرد ماده خشک پنبه نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد ماده خشک در سامانه شخم معمول در بقایای 308 گرم در مترمربع و کمترین آن نیز در سامانه شخم دیسک و بقایای 77 گرم در مترمربع به‌دست آمد که با بقایای 77 گرم در مترمربع در سامانه شخم برگردان‌دار و بقایای 154 گرم در مترمربع در سامانه شخم دیسک از لحاظ آماری تفاوتی نداشت. افزایش بقایا در سامانه شخم برگردان‌دار از 77 به 308 گرم در مترمربع افزایش عملکرد ماده خشک را در پی داشت (شکل 4 الف).

مقایسه میانگین اثر متقابل نوع سامانه خاک‌ورزی در سطوح کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک پنبه نشان داد که افزایش کود نیتروژن از 50 به 150 کیلوگرم در هکتار در سامانه خاک‌ورزی معمول باعث افزایش بیشتر عملکرد ماده خشک گیاه پنبه نسبت به سامانه کم‌خاک‌ورزی شده است، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد ماده خشک در سامانه شخم برگردان‌دار در نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار و

کمترین میزان عملکرد ماده خشک در نیتروژن 50 کیلوگرم در هکتار در سامانه شخم دیسک حاصل شد (شکل 4 ب). کاهش عملکرد در سامانه‌های کم‌خاک‌ورزی را می‌توان به فشردگی خاک و فراهم نبودن شرایط مناسب برای رشد ریشه نسبت داد، زیرا این فشردگی به کاهش تراکم طول ریشه منجر شده، رشد آن را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه ریشه نمی‌تواند آب و مواد غذایی را به‌خوبی جذب نماید (Mohammadi et al., 2009) و همین امر احتمالاً سبب واکنش کمتر گیاهان به نیتروژن در این سامانه شده است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) بیان کردند عملکرد ماده خشک پنبه در تیمار 150 کیلوگرم نیتروژن نسبت به تیمار شاهد حدود 54 درصد افزایش نشان داد. هم‌چنین بر طبق مقایسه‌های میانگین اثر متقابل شخم در بقایای جو بر عملکرد ماده خشک پنبه (شکل 5 الف)، بیشترین میانگین عملکرد ماده خشک در گیاه پنبه در سامانه خاک-ورزی معمول در بالاترین سطح بقایا (308 گرم در مترمربع) حاصل شد و کمترین میزان عملکرد ماده خشک نیز در سامانه کم‌خاک‌ورزی (دیسک) و بقایای 77 گرم در مترمربع به‌دست آمد. هم‌چنین با افزایش میزان بقایا، اختلاف عملکرد ماده خشک بین دو سامانه خاک‌ورزی بیشتر شد (شکل 5 الف).

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل میزان بقایا و سطوح نیتروژن بر عملکرد ماده خشک نشان داد که با افزایش بقایا و کاهش نیتروژن از عملکرد ماده خشک گیاه پنبه کاسته شد، این در حالی است که افزایش بقایا در سطح بالاتر نیتروژن موجب افزایش بیشتر عملکرد ماده خشک گیاه شد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد ماده خشک از تیمار بقایای 308 گرم در مترمربع و کود نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان عملکرد ماده خشک نیز در تیمار بقایای 77 گرم در مترمربع در نیتروژن 50 کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل 5 ب). دیده شده است که مصرف کود نیتروژنی تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد ماده خشک گیاه دارد (Cabrera-Bosquet et al., 2009)، به‌ویژه در زمان‌هایی که مقادیر بالایی بقایای گیاهی در خاک موجود می‌باشد.

جدول 3- نتایج تجزیه واریانس صفات مربوط به عملکرد گیاه پنبه تحت تأثیر نوع شخم، سطوح بقایا و کود نیتروژن

Table 3- Results of analysis of variance for traits related to cotton yields as affected by cultivation type, residue levels and nitrogen fertilizer

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares				
		وزن خشک غوزه Boll dry weight	عملکرد وش Seed cotton yield	عملکرد پنبه‌دانه Cotton seed yield	عملکرد الیاف Lint yield	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
بلوک Replication (Rep.)	2	0.0008^{ns}	$0.01^{n.s}$	$0.002^{n.s}$	$0.0003^{n.s}$	$0.01^{n.s}$
خاک‌ورزی Cultivation (Cult.)	1	6.85^{*}	3.68^{**}	1.26^{**}	0.65^{*}	17.34^{**}
Rep. × Cult.	2	0.098^{*}	$0.02^{n.s}$	$0.0001^{n.s}$	$0.008^{n.s}$	$0.073^{n.s}$
بقایا Residue (Res.)	4	3.55^{**}	1.84^{**}	0.63^{**}	0.32^{**}	9.49^{**}
نیتروژن Nitrogen (N)	1	3.22^{**}	1.58^{**}	0.53^{**}	0.29^{**}	10.49^{**}
Cult. × Res.	4	0.31^{**}	0.18^{**}	0.05^{**}	0.04^{**}	0.78^{**}
Cult. × N	1	0.77^{**}	0.45^{**}	0.14^{**}	0.09^{**}	0.93^{**}
Res. × N	4	0.22^{**}	0.100^{**}	0.04^{**}	0.02^{**}	0.33^{*}
Cult. × Res. × N.	4	0.12^{**}	0.101^{**}	0.03^{**}	0.01^{**}	$0.18^{n.s}$
خطا Error	36	0.02	0.007	0.006	0.002	0.12
ضریب تغییرات CV (%)		9.85	6.91	10.24	9.68	11.72

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

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

شکل 4- مقایسه‌های میانگین اثر خاک‌ورزی بر عملکرد ماده خشک پنبه رقم خرداد در (a) سطوح مختلف بقایای جو و (b) مقادیر مختلف نیتروژن

Fig. 4- Means comparison for the effect of tillage method on dry matter yield of cotton (cv. Khordad) in (a) different levels of plant residues, and (b) different nitrogen levels

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون FLSD می‌باشند.

The means that have at least one common letter do not have a significant difference at the 5% probability level, based on FLSD test.

شکل 5- واکنش عملکرد ماده خشک پنبه به میزان بقایای جو در (الف) دو سامانه خاک‌ورزی معمول و کم‌خاک‌ورزی، و (ب) در دو سطح 50 و 150 کیلوگرم نیتروژن

Fig. 5- The response of cotton dry matter yield to the amount of plant residues in (a) common andreduced tillage systems, and (b) at two levels of 50 and 150 kg of nitrogen

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون FLSD می‌باشند.

The means that have at least one common letter do not have a significant difference at the 5% probability level with the FLSD test.

در یک پژوهش هفت‌ساله روی جو (*Hordeum vulgare* L.) اختلاط بقایای گیاهی با خاک کاهش عملکرد را به‌همراه داشت که این کاهش در تیمارهای با مصرف کمتر از 120 کیلوگرم نیتروژن مشهودتر بود (Malhi et al., 2001). در ذرت کشت شده در تناوب با یولاف نیز دیده شده است که استفاده از 139 کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با حفظ بقایای گیاهی، عملکرد را نسبت به شاهد که

نیتروژنی دریافت نکرده بود، 92 درصد افزایش داد (Zanata et al., 2007). کاهش عملکرد و بازده مصرف نیتروژن در سامانه‌های حفظ بقایای گیاهی به غیرمتحرک شدن نیتروژن نسبت داده می‌شود که مقدار آن به نوع بقایای گیاهی بستگی دارد (Vetch & Randall, 2000).

جدول 4- مقایسه‌های میانگین اثرات اصلی شخم و نیتروژن بر عملکرد پنبه رقم خرداد

Table 4- Mean comparisons for main effects of cultivation method and nitrogen on the yields of cotton (cv. Khordad)

عامل Factor	سطح Level	عملکرد غوزه Boll yield	عملکرد وش Seed cotton yield	عملکرد پنبه‌دانه cotton seed yield	عملکرد الیاف Lint yield	عملکرد ماده خشک Dry matter yield
		(t.ha^{-1})				
خاک‌ورزی Cultivation	برگردان‌دار Moldboard	2.08^{a}*	1.52 ^{a}	0.90 ^{a}	0.62 ^{a}	3.50^{a}
	دیسک Disk	1.41^{b}	1.03 ^{b}	0.61 ^{b}	0.41 ^{b}	2.43 ^{b}
نیتروژن N (kg.ha^{-1})	50	1.51 ^{b}	1.11 ^{b}	0.66 ^{b}	0.44 ^{b}	2.55 ^{b}
	150	1.98 ^{a}	1.44 ^{a}	0.85 ^{a}	0.58 ^{a}	3.38 ^{a}
میزان بقایا Plant residues (g.m^{-2})	0	2.18 ^{b}	1.54 ^{b}	0.92 ^{b}	0.62 ^{b}	3.70 ^{b}
	77	1.06 ^{e}	0.77 ^{e}	0.47 ^{e}	0.29 ^{e}	1.89 ^{e}
	154	1.41 ^{d}	1.04 ^{d}	0.62 ^{d}	0.42 ^{d}	2.47 ^{d}
	231	1.69 ^{c}	1.26 ^{c}	0.74 ^{c}	0.52 ^{c}	2.72 ^{c}
	308	2.39 ^{a}	1.76 ^{a}	1.05 ^{a}	0.71 ^{a}	4.04 ^{a}

* میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* The means that have at least one common letter do not have a significant difference at the 5% probability level, based on FLSD test

عملکرد غوزه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر اصلی نوع شخم ($p\leq 0/05$)، میزان بقایا و سطوح کود نیتروژن و هم‌چنین اثر متقابل شخم در بقایا، شخم در نیتروژن، بقایا در نیتروژن و اثر متقابل سه‌گانه شخم در بقایا در نیتروژن در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری بر عملکرد غوزه در گیاه پنبه داشت (جدول 3).

نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی نشان داد که وزن عملکرد غوزه پنبه تحت تأثیر نوع سامانه خاک‌ورزی قرار گرفت، به‌طوری‌که در سامانه شخم برگردان‌دار و دیسک به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد غوزه حاصل شد. هم‌چنین در بین اثر اصلی بقایا، وزن غوزه بیشتری در بقایای 308 گرم در مترمربع نسبت به بقایای 77 گرم در مترمربع به‌دست آمد؛ و در بین سطوح نیتروژن نیز عملکرد غوزه در 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشتر از 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود (جدول 4).

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع شخم در میزان بقایا در سطوح کودی نیتروژن بر عملکرد غوزه پنبه نشان داد که عملکرد غوزه پنبه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد غوزه از تیمار بقایای 308 گرم در مترمربع و نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار در سامانه شخم برگردان و کمترین میزان عملکرد غوزه پنبه در تیمار بقایای 77 گرم در مترمربع و نیتروژن 50 کیلوگرم در هکتار در سامانه دیسک حاصل شد (شکل 6-a). به نظر می‌رسد در تیمار 308 گرم در مترمربع به‌دلیل کنترل علف‌های هرز توسط بقایا و فراهمی رطوبت بیشتر برای گیاه زراعی، افزایش عملکرد غوزه را به‌دنبال داشته است. در این زمینه ربیعی و رجبیان (Rabiee & Rajabian, 2012) دلیل افزایش رشد گیاه در سامانه شخم معمول نسبت به بدون خاک‌ورزی را ایجاد بستری مناسب، زمینه رشد و استفاده بهتر از پارامترهای اقلیمی در سامانه خاک‌ورزی متداول دانستند. فولادی وند و همکاران (Fooladivand et al., 2009) و امیدی و همکاران (Omidi et al., 2005) نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که میان سامانه‌های مختلف خاک‌ورزی تفاوت معنی‌داری وجود داشته و سامانه خاک‌ورزی متداول از این نظر دارای برتری بود. در یک آزمایش پنج‌ساله عملکرد پنبه در دو سال اول در

سیستم بدون خاک‌ورزی نسبت به خاک‌ورزی مرسوم و دیسک و چیزل کمتر بود، ولی در سه سال بعد سیستم بدون خاک‌ورزی باعث افزایش عملکرد و هم‌چنین زودرس‌تر شدن محصول به‌میزان شش تا 10 روز نسبت به سامانه‌های خاک‌ورزی مرسوم شد (Triplett et al., 1996).

عملکرد وش

اثرات اصلی نوع سامانه خاک‌ورزی، میزان بقایای گیاه جو و سطوح مختلف نیتروژن و اثرات متقابل آن‌ها شامل شخم در بقایا، شخم در نیتروژن، بقایا در نیتروژن و اثر متقابل سه‌گانه شخم در بقایا در نیتروژن اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد وش گیاه پنبه داشتند (جدول 3).

مقایسه‌های میانگین اثرات اصلی نوع خاک‌ورزی نشان داد که عملکرد وش گیاه پنبه در شخم برگردان‌دار نسبت به دیسک افزایش پیدا کرد. هم‌چنین با افزایش مقدار بقایای گیاهی و نیز با افزایش نیتروژن، عملکرد وش افزایش پیدا کرد (جدول 4).

نتایج حاصل از مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل نشان داد که عملکرد وش گیاه پنبه تحت تأثیر نوع سامانه شخم و افزایش بقایا و سطوح نیتروژن تغییر می‌کند، به‌طوری‌که در سامانه شخم برگردان با افزایش بقایا از 77 به 308 گرم در مترمربع، عملکرد وش افزایش یافت که این افزایش در شرایط فراهمی نیتروژن قابل مشاهده‌تر بود و بیشترین عملکرد وش در سامانه شخم برگردان با کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و بقایای 308 گرم در مترمربع حاصل شد که از لحاظ آماری مشابه سطح صفر بقایا در همین سطوح خاک‌ورزی و نیتروژن بود (شکل 6-b). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) نیز کمترین و بیشترین عملکرد وش را به‌ترتیب در تیمارهای صفر و 150 کیلوگرم نیتروژن مشاهده کردند. در مطالعه‌ای که توسط بلیس و راویندارن (Blaise & Ravindran, 2003) طی پنج سال انجام شد، مشاهده گردید که عملکرد پنبه در سه سال اول در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک‌ورزی مرسوم بود. درحالی‌که به‌عقیده سینگر و همکاران (Singer et al., 2004) اثر مفید برگشت بقایا به خاک همواره در عملکرد محصول قابل مشاهده نیست، بلکه ممکن است اثرات مثبتی بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته باشد که این اثرات به‌خصوص در مورد بقایای با نسبت C/N بالا، به‌کندی ظاهر شده و به‌طور معمول در طی دو تا سه سال بعد از برگشت بقایا به خاک نمی‌توان شاهد اثرات مثبت معنی‌داری بود (Thuy et al., 2008). حتی در سال‌های اول ممکن است به‌دلیل کوچک‌تر بودن بوته‌های رشد یافته در سیستم بدون شخم و شاخه‌دهی کمتر آن‌ها، عملکرد وش کمتری در این سیستم در مقایسه با سیستم‌های خاک‌ورزی رایج حاصل شود (Ghaderi-Far et al., 2012). طبیعی است که برگردان نمودن کاه‌وکلش توسط گاوآهن برگردان‌دار بهتر از سایر روش‌ها انجام می‌گیرد و در کوتاه‌مدت استفاده از ادواتی همچون ساقه خردکن و گاوآهن برگردان‌دار در افزایش عملکرد مؤثر است (Hulburt & Menzwl, 2002). نتایج محققین نشان می‌دهد که درصد برگردان بقایای گیاهی در تیمارهای مختلف خاک‌ورزی تأثیر زیادی بر عملکرد گیاه دارد. برای مثال دیده شده است که تیمار شخم با خاک‌ورزی برگردان و دیسک (روش مرسوم منطقه) با 88 درصد برگردان، بهترین و تیمار دو بار دیسک سنگین با 56 درصد برگردان نسبت به تیمارهای دیگر کمترین عملکرد را داشت (Taghinazhad & Javadi, 2014). با این وجود در یک آزمایش، مقایسه دو تیمار شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن) در دو روش بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم نشان داد که در ابتدا میزان عملکرد در سامانه بی‌خاک‌ورزی بسیار پایین‌تر از روش خاک‌ورزی مرسوم بود، امّا بعد از گذشت 13 سال به‌دلیل هدررفت و تخلیه مواد آلی ناشی از انجام خاک‌ورزی (اکسایش مواد آلی)، روند این پدیده معکوس شد، به‌طوری‌که عملکرد تیمارهای بی‌خاک‌ورزی بیشتر از تیمارهای خاک‌ورزی مرسوم بود (Thomas & Blevins, 1996) که به نظر می‌رسد ناشی از تأثیرات مثبت بقایای گیاهی بر ویژگی‌های خاک و آزادسازی عناصر غذایی است (Blanco-Canqui & Lal, 2009).

عملکرد پنبه‌دانه

اثر اصلی نوع سامانه‌های خاک‌ورزی، میزان بقایا و سطوح نیتروژن و هم‌چنین اثرات متقابل نوع شخم در سطوح نیتروژن، شخم در میزان بقایا، بقایا در سطوح نیتروژن و سامانه خاک‌ورزی در میزان بقایا در سطوح نیتروژن بر صفت عملکرد پنبه‌دانه معنی‌دار بودند ($p \leq 0/01$) (جدول 3).

عملکرد پنبه‌دانه در سامانه شخم معمول نسبت به کم‌خاک‌ورزی برتری داشت (جدول 4). خاک‌ورزی بر بخش مهمی از خصوصیات خاک از قبیل دما، ذخیره و پراکنش رطوبت در خاک (Lampurlanes

et al., 2001) و نیـز تـراکم خـاک (Lapen et al., 2004) اثـر می‌گذارد؛ بنابراین با انتخاب و اجرای صحیح یک سامانه خـاک‌ورزی می‌توان بستر بذر مناسبی را جهت رشد گیاه و در نهایـت، بـه‌دسـت آوردن عملکـرد مطلـوب فـراهم نمـود (Barzegar et al., 2004). هم‌چنین با افزایش میزان بقایا عملکرد پنبه‌دانـه افـزایش پیـدا کـرد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن پنبه‌دانه به‌ترتیب در بقایای 308 و 77 گرم در مترمربع حاصل شد. در بین سطوح نیتروژن نیز حـداکثر میزان عملکرد پنبه‌دانه در سطح نیتـروژن 150 کیلـوگـرم در هکتـار حاصل شد که نشان می‌دهد فراهمی کود نیتروژن تأثیر بسزایی بر این صفت گیاه پنبه دارد (جـدول 4). دورداس و سـیولاس (Dordas & Sioulas, 2008) در بررسی اثر سـه سـطح نیتـروژن (0، 100 و 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن) بر دو هیبرید گلرنگ دریافتنـد کـه کـود نیتروژن عملکرد دانه را به‌طور میانگین 19 درصد در مقایسه با شرایط شاهد افزایش می‌دهد.

نتایج حاصل از مقایسه‌های میانگین اثرات متقابل نشان داد که در سامانه شخم برگردان‌دار با افزایش بقایا عملکرد پنبه‌دانه افزایش یافت که این افزایش در شرایط فراهمی نیتروژن ملموس‌تـر بـود (شـکل - 6c)، بـه‌طـوری‌کـه بیشـترین عملکـرد پنبـه‌دانـه در سـامانه شـخم برگردان‌دار با کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار در دو سطح صفر و 308 گرم بقایای جو در مترمربع حاصل شـد (شـکل c-6). در ایـن رابطه ربیعی و رجبیـان (Rabiee & Rajabian, 2012) بـر مبنـای تجزیه و تحلیل اقتصادی اثرات سامانه‌هـای خـاک‌ورزی و مـدیریت بقایای برنج بر صفات مورفولوژیک و عملکرد کلزای پاییزه به‌عنـوان کشت دوم پس از برنج در رشت عنوان کردند که بـه نظـر مـی‌رسـد سامانه خاک‌ورزی حداقل در شرایط وجود یا عـدم وجـود بقایـا دارای مزیت‌هایی در مقایسه با سامانه خاک‌ورزی متداول است که کاربرد آن را توجیه می‌کند.

فولادی‌وند و همکاران (Fooladivand et al., 2009) در بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد کلـزا بـه ایـن نتیجـه رسیدند که بالاترین میزان عملکرد دانه به تیمار خـاک‌ورزی متـداول اختصاص داشت. این افزایش عملکرد دانه در سامانه‌های خـاک‌ورزی متداول و حداقل در مقایسه با بدون خاک‌ورزی را می‌توان بـه بهبـود ساختمان خاک، وضعیت بهتر استقرار گیاهـان، تـراکم بیشـتر بوتـه، توسعه بیشتر سامانه ریشه‌ای در عمـق خـاک و جـذب بهتـر عناصـر غذایی نسبت داد (Motta et al., 2002). هـم‌چنـین پـژوهش‌هـای زیادی رابطه مستقیم و مثبت بین عملکرد و استفاده از مقادیر مختلف بقایای گیاهی را به اثبات رسانده‌اند (Power et al., 1998). بخشی از این رابطه مثبت به تغییر در ویژگی‌هایی مانند مـاده آلـی خـاک و چرخه نیتروژن نسبت داده شده است. در یک پژوهش 13 سـاله روی گیاه ذرت در هشت سال از 13 سال، متوسط عملکرد برای تیمارهای حذف بقایا 8/4 درصد کمتر از تیمارهای حفظ بقایا بود (Linden et al., 2000).

عملکرد الیاف

عملکرد الیاف تحت تـأثیر نـوع سـامانه خـاک‌ورزی ($p\leq 0/01$)، میزان بقایای گیاهی و سطوح مختلف نیتـروژن و هـم‌چنـین اثـرات متقابل (شخم در بقایا، شخم در نیتروژن، بقایا در نیتروژن و شخم در بقایا در نیتروژن) در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جـدول 3). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی نوع شخم نشـان داد کـه در سـامانه شخم معمول عملکرد الیاف بیشتری نسبت به کم‌خاک‌ورزی حاصـل شد. در مورد اثرات اصلی بقایـا و نیتـروژن نیـز بـه‌ترتیـب بیشـترین عملکرد الیاف از بقایای 308 گرم در مترمربع و 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد (جدول 4).

نتایج حاصل از مقایسه‌هـای میـانگین اثـرات متقابـل شـخم در بقایای جو در سطوح کود نیتروژن بر عملکـرد الیـاف نشـان داد کـه بیشترین عملکرد الیاف گیـاه پنبـه تحـت تـأثیر سـامانه خـاک‌ورزی برگردان‌دار، در سـطح بقایـای 308 گـرم در مترمربـع و سـطح کـود نیتروژن 150 کیلوگرم در هکتار حاصل شد، درصـورتی‌کـه در سـطح کودی 50 کیلوگرم در هکتار در بقایای 77 گرم در مترمربع در هر دو سامانه خاک‌ورزی کمترین عملکرد الیاف به‌دست آمد (شکل d-6).

نتیجه‌گیری

انجام تحقیق حاضر به‌وضوح اثرات مفید عدم حذف بقایای گیاهی و اختلاط آن‌ها با خاک را حتی برای یک فصل زراعی به اثبات رساند که خود تأکیدی بر اجتناب از روش ناصحیح سوزاندن بقایای محصول قبلی است. یافته کلیدی دیگر این تحقیق این است اگـر چـه جهـت دستیابی به کشاورزی پایدار، بر اجرای روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی تأکید شده است و مرتباً به کشاورزان توصیه می‌شود.

شکل 6- مقایسه‌های میانگین اثر متقابل خاک‌ورزی، بقایای جو و سطوح نیتروژن بر عملکرد (a) غوزه، (b) وش، (c) پنبه‌دانه و (d) الیاف پنبه رقم خرداد

Fig. 6. Mean comparisons of the interaction effect of cultivation method, barley residues and nitrogen levels on (a) boll, (b) Seed cotton, (c) cottonseed, and (d) lint yields of cotton, cv. Khordad

برای هر صفت، میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد با آزمون FLSD می‌باشند.

For each trait, the means that have at least one common letter do not have a significant difference at the 5% probability level, based on FLSD test.

هرچه سریع‌تر از سامانه‌های خاک‌ورزی برگردان دست کشیده و به‌سمت سامانه‌های کم‌خاک‌ورزی تغییر جهت دهند، لیکن اجرای سامانه‌های کم‌خاک‌ورزی در کوتاه‌مدت می‌تواند تأثیری بر عملکرد نداشته و یا حتی آن را کاهش دهد. این نکته بسیار مهم بوده و در توصیه به کشاورزان نیز باید به‌عنوان یک احتمال به آن پرداخته شود، چرا که طبق بسیاری از تحقیقات، اثربخشی سامانه‌های خاک‌ورزی حفاظتی در درازمدت به اثبات رسیده است، درحالی‌که در کوتاه‌مدت اثرات کاهش عملکرد را به دنبال داشته‌اند. هم‌چنین طبق نتایج این تحقیق، کاهش درصد سبز شدن پنبه در سامانه کم‌خاک‌ورزی و هم‌چنین در کاربرد بقایای محصول قبلی، پیام مدیریتی مهمی می‌تواند داشته باشد و آن این است که افزایش میزان بذر پنبه در شرایط یاد شده جهت جبران کاهش درصد سبز شدن گیاه زراعی است.

References

Abbasdokht, H., and Chaichi, M.R., 2003. The potential allelopathic effect of different chickpea straw and stubbles varieties on germination and early growth of sorghum (*Sorghum halepense*), soybean (*Glycine max*) and sunflower (*Helianthus annuus*). Iranian Journal of Agricultural Science 34(3): 617-624. (In Persian with English Summary)

Allmaras, R.R., Burrows, W.C., and Larson, W.E., 2001. Early growth of corn as affected by soil temperature. Science Society of America Journal 28: 271-275.

Amini, A., Rajaei, M, and Farsi Nejad, K., 2014. Effects of different plant residue under different tillage practices on yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Ecophysiology 6(16): 27-37. (In Persian with English Summary)

Azad Disfani, F., Darvish Mojni, T., Diehji, A., Rooshani, G., Zangi, M.R., Alishah, O., Ghorbani, G., Gharnijaki, A.R., Mali, M., and Norozieh, S., 2014. Cotton: sowing, growing, harvesting. Special plan for the Basij along with the farmer. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Agricultural Education Publishing. 177p. (In Persian).

Aykas, E., and Onal, I., 2004. Effects of different tillage techniques on cotton yield and quality. Asian Journal of Plant Science 3: 403-405.

Barzegar, A.R., Hashemi, A.M., Herbert, S.J., and Asoodar, M., 2004. Interactive effects of tillage system and soil water content aggregate size distribution for seedbed preparation in Fluvisols in southwest Iran. Soil and Tillage Research 78(1): 45-52

Basso, B., and Ritchie, J.T., 2005. Impact of compost, manure, and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize-alfalfa rotation in Michigan. Agriculture, Ecosystems and Environment 108: 329-341.

Blaise, D., and Ravindran, C.D., 2003. Influence of tillage and residue management on growth and yield of cotton grown on a vertisol over 5 years in a semi-arid region of India. Soil and Tillage Research 70: 163-173.

Blanco-Canqui, H., and Lal, R., 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. Critical Review in Plant Science 28: 139-163.

Buman, R.A., Alesi, B.A., Bardley, J.F., Hatfield, J.L., and Karlen, D.L., 2005. Profit and yield of tillage in cotton production system. Journal of Soil and Water Conservation 60: 235-242.

Cabrera-Bosquet, L., Abriziob, R., Araus, J.L., and Nogues, S., 2009. Photosynthetic capacity of field grown durum wheat under different N availabilities: A comparative study from leaf to canopy. Environmental and Experimental Botany 76: 315-322.

Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., and Yang, H., 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. Annual Review of Environment and Resources 28: 315–358.

Dordas, C.A., and Sioulas, C., 2008. Safflower yield, chlorophyll content, photosynthesis, and water use efficiency response to nitrogen fertilization under rainfed conditions. Industrial Crops and Products 27: 75-85.

Emam, Y., Ahmadi, A., and Pesarakli, M., 2011. The Effect of different methods of tillage, accompanied by plant residue management and different levels of nitrogen application, on yield and yield components of rainfed wheat (cv. Agosta) in Fars province climatic conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 41(4): 841-850. (In Persian with English Summary)

Fischer, R.A., Santiveri, F., and Vidal, I.R., 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands. Field Crops Research 79: 107-122.

Fooladivand, S., Aynehband, A., and Naraki, F., 2009. Effects of tillage method, seed rate and microelement spraying time on grain yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm dryland condition. Journal of Food, Agriculture and Environment 7(3 and 4): 627-633.

Ghaderi-Far, F., Ghajari, A., Sadegh-Nejad, H., and Gharanjiki, A., 2012. Effects of tillage systems on yield of cotton following canola in Gorgan. Iranian Journal of Field Crops Research 9(3): 416-421. (In Persian with English Summary)

Ghooshchi, F., Jourabloo, A., Silsepour, M., and Hadi, H., 2011. Effect of primary tillage method and barley (*Hordeum vulgare* L.) crop residual management on the soil and silage corn (*Zea mays* L.) characteristics. Journal of Agroecology 2(3): 428-436. (In Persian with English Summary)

Griffith, D.R., Kladivko, E.J., Mannering, J., West, T.D., and Pavsons, S.D., 2000. Long term tillage and rotation effects on corn growth and yield on high and low organic matter in poorly drained soils. Agronomy Journal 80: 599-605.

Horne, D.J., Ross, C.W., and Hughes, K.A., 1992. Ten years of maize-oats rotation under three tillage system on a silt loam in New Zealand I: A comparison of soe soil properties. Soil and Tillage Research 22: 131-143.

Hosseini, S., Behdani, M.A., and Khashei Siuki, A., 2016. Spatial and temporal zoning of suitable lands for cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivation using analytical hierarchy process (Case study: South Khorasan Province). Agroecology 9(4): 1136-1148. (In Persian with English Summary)

Hulburt, W.C., and Menzwl, G., 2002. Soil mixing characteristics of tillage tools. Agronomy Engineering 34: 112-118.

Irannejad, H., Ghanadha, M.R., and Nejad Mohammad Nameghi, A.R., 2002. A comparison of the polyethylene and organic mulch effects on the yield of cotton. Iranian Journal of Agricultural Science 33(1): 179-186. (In Persian with English Summary)

Jami Al-Ahmadi, M., 1998. Effects of planting date and time of irrigation termination on growth, yield and quality properties of cotton. M.Sc. Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Jamily, H., Baniani, A., and Nuri Hosseini, S.M., 2010. Study on nitrogen management in cotton farming. 12th Iranian Crop Science Congress. Tehran, Iran. August. pp. 2918-2920. (In Persian with English Summary)

Johnson, J.R., and Saunders, J.R., 2003. Cotton plant response to tillage systems. Annual Report 2002 of the north Mississippi research center. Information Bulletin 398: 122-124.

Kamkar, B., Ghorbani Nasrabadi, R., Alimagham, S.M., and Ebrahimi, T., 2009. The Effect of cotton and soybean residues on releasing nitrate and ammonia and on the microbial community dynamism in the soil. Environmental Sciences 7(1): 149-160. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y., 2015. Evaluation of yield and nitrogen use efficiency of maize and cotton intercropping under different nitrogen levels. Iranian Journal of Field Crops Research 13(1): 1-13. (In Persian with English Summary)

Lampurlanes, J., Angas, P., and Martines, C., 2001. Root growth soil water content and yield of barely under different tillage systems on two soils in semiarid conditions. Field Crops Research 69: 27-40.

Lapen, D.R., Topp, G.C., Edwards, M.E., Gregorich, E.G., and Cumin, W.E., 2004. Combination cone penetration resistance/ water content instrumentation t o evaluated cone penetration- water content relationships in tillage research. Soil and Tillage Research 79: 51-62.

Layese, M.F., Clapp, C.E., Allmaras, R.R., Linen, D.R., Copeland, S.M., Mohanna, J.A.E., and Dowdy, R.H., 2002. Current and relic carbon using natural abundance, carbon. Soil Science 167: 315-326.

Limon-Ortega, A., Sayre, K., and Francis, C., 2000. Wheat and maize yield in response to straw management and nitrogen under a bed planting system. Agronomy Journal 92: 295-302.

Linden, D.R., Clapp, C.E., and Dowdy, R.H., 2000. Long- term corn grain and stower yields as a function oftillage and residue removal in east centra Minnesota. Soil and Tillage Reseaech 56: 167-174.

Malhi, S.S., Grant, C.A., Johnston, A.M., and Gill, K.S., 2001. Nitrogen fertilization management for no-till cereal production in the Canadian Great Plains: A review. Soil and Tillage Research 60: 101-122.

Marbet, R., 2000. Differential response of wheat to tillage management systems in a semi-arid area of Morocco.

Field Crops Research 66: 165-174.

Mert, M., Aslan, E., Akiscan, Y., and Caliskan, M.E., 2006. Response of cotton to different tillage systems and intra-row spacing. Soil and Tillage Research 85: 221-228.

Mohammadi, K., Nabi Allahi, K., Aghaalikhani, M., and Khormali, F., 2009. Study on the effect of different tillage methods on the soil physical properties, yield and yield components of rainfed wheat. Journal of Plant Production 16(4): 77-91. (In Persian with English Summary)

Motta, A.C.V., Reeves, D.W., and Touchton, J.T., 2002. Tillage intensity effects on chemical indicators of soil quality in two coastal plain soils. Communications in Soil Sceience and Plant Analysis 33: 913-932.

Najafi, H., and Zand, A., 2012. Weed management strategies in conservation systems (restrictions and opportunities). 12th Iranian Crop Sciences Congress, 4-6 September, Karaj, Iran. (In Persian with English Summary)

Naraki, G., 2009. Effect of plant residue management and different levels of nitrogen on yield and yield components of safflower. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahwaz, Iran. (In Persian with English Summary)

Omidi, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., Ghalavand, A., and Modarres Sanavi, S.A.M., 2005. Evaluation of tillage systems and row distances on grain yield and oil content in two canola (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences 7(2): 97-111. (In Persian with English Summary)

Opoku, G., and Vyn, T.J., 1997. Wheat residue management options for no-till corn. Canadian Journal of Plant Science 77: 207-213.

Peng, Y., Niu, J., Peng, Z., Zhang, F., and Li, C., 2010. Shoot growth potential drives N uptake in maize plants and correlates with root growth in the soil. Field Crops Research 115: 85–93.

Plénet, D., and Lemaire, G., 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N con- centration. Plant Biology and Soil Sciences 216: 65–82.

Power, J.F., Koerner, P.T., Doran, J.W., and Wilhelm, W.W., 1998. Residual effects of crop reduced on grainproduction and selected soil properties. Soil Science Society of America Journal 62: 1393-1397.

Rabiee, M., and Rajabian, M., 2012. Effect of tillage systems and rice residue management on morphological traits and yield of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) as second crop after rice in Rasht. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21(4): 105-121. (In Persian with English Summary)

Right, R.L., Bowman, R.A., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Aiken, R.M., and Benjamin J.G., 1998. Alternative crop rotations for the central Great Plains. Journal of Production Agriculture 12: 95-99.

Sadeghi, H., and Kazemayni, S., 2012. Effects of straw management and nitrogen rates on soil quality and grain protein of two barley (*Hordeum vulgare* L.) cultivars under dryland conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 42(4): 705-713. (In Persian with English Summary)

Sánchez-Moreiras, A.M., Weiss, O.A., and Reigosa-Roger, M.J., 2004. Allelopathic evidence in the Poaceae. The Botanical Review 69: 300-319.

Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richards, T.L., Cambardella, S.C.A., and Buher, D.D., 2004. Tillage and compost affect yield on corn, soybean and wheat and soil fertility. Agronomy Journal 96: 531-537.

Singh, Y., Ladha, J.K., Khind, C.S., and Bueno, C.S., 2004. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice-wheat rotation. Soil Science Society of America Journal 68: 854-864.

Taghinazhad, J., and Javadi, A., 2014. Effect of tillage systems with corn residue on grain yield of rapeseed in Moghan region. Journal of Agricultural Machinery 4(2): 352-359. (In Persian with English Summary)

Thomas, G.W., and Blevins, R.L., 1996. The development and importance of no-tillage crop production in Kentucky. Agronomy Research Report 1996. Kentucky Agricultural Experimental Station Progress Report No. 385.

Thuy, N.H., Shan, Y., Singh, B., Wang, K., Cai, Z., Singh, Y., and Buresh, R.J., 2008. Nitrogen supply in rice-based cropping system as affected by crop residue management. Soil Science Society of America Journal 72: 514-523.

Triplett, G.B., Dobney, S.M., and Sieker, J.H., 1996. Tillage systems for cotton on silty upland soils. European Journal of Agronomy 88: 507-512.

Unger, P.W., and McCalla, T.M., 1980. Conservation tillage system. Advance in Agronomy 33: 1-58.

Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., Deckers, J., and Sayre, K.D., 2010. Conservation agriculture, improving soil quality for sustainable production systems? In: Lal, R., and Stewart, B.A. (eds.), Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, pp. 137-208.

Vetch, J.A., and Randall, G.W., 2000. Enhancing no-tillage systems for corn with starter fertilization, rowcleaners, and nitrogen placement methods. Agronomy Journal 92: 309-315.

Villagrasa, M., Guillamón, M., Labandeira, A., Taberner, A., Eljarrat, E., and Barceló, D., 2006. Benzoxazinoid allelochemicals in wheat: distribution among foliage, roots, and seeds. Agriculture and Food Chemistry 54: 1009-1015.

Weersink, A., Walke, M., Swanton, C., and Shaw, J.E., 1992. Costs of conventional and conservation tillage systems. Soil and Water Conservation 47: 328-339.

Younesi, O., Haghpanah, A., Yousefnejad, S., and Moradi, A., 2012. Study of stubble allelopathic effects of cool season crops (wheat, barley and rye) on seedling emergence and early growth of sorghum (*Sorghum bicolor*), corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). Pajohesh and Sazandegi 92: 31-37. (In Persian with English Summary)

Zanata, J.A., Bayer, C., Dieckow, J., Vieira, F.C.B., and Mielniczuk, J., 2007. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. Soil and Tillage Research 94: 510-519.

Zia-Hosseini, S.S., Bararpour, M.T., Mansouji, A.M., and Babaeian-Jelodar, N.A., 2002. Allelopatic effect of different rates and ages of sunflower residues on emergence and growth of cotton. Journal of Agricultuarl Science and Natural Resources 9(1): 51-58. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 15-35

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 35-15

Effect of Crop Residue Management and Nitrogen on Variations of Dry Matter and Yield of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under two Cultivation Systems

M. Jami Al-Ahmadi[1*], S.V. Eslami[1] and M. Farahmand[2]
Submitted: 26-05-2018
Accepted: 21-09-2018

Jami Al-Ahmadi, M., Eslami, S.V., and Farahmand, M., 2020. Effect of crop residue management and nitrogen on variations of dry matter and yield of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under two cultivation systems. Journal of Agroecology 12 (1):15-35.

Introduction

Avoidance of repeated soil tillage in conjunction with maintaining crop residues and plant nutrition management may help to conserve and improve the soil and plant conditions. Primary goals of conservational systems consist of eliminating some cultivation practices and increasing surface crop residues in the planting system. In such residue conserving systems, nitrogen fertilizers are considered as important elements in crop production and influence the pattern of soil organic carbon storage as well as crop growth and yield. Currently, cotton is mainly cultivating in many farms of the country, and in particular in the Southern Khorasan province, after removal of the residues of the previous crop, and few studies have been conducted on the importance of plant residues in this plant in Iran. Therefore, this research was carried out with the aim of investigating the interaction of barley plant residues and different levels of nitrogen on yield and yield components of cotton in two different tillage systems (conventional tillage with moldboard plowing and reduced tillage with disk).

Materials and Methods

To study the effect of application of different residue amounts and nitrogen fertilizer under two different cultivation systems on dry matter accumulation, yield and yield components of cotton, an experiment was conducted as split-plot factorial design with three replications at the Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran. The main plot consisted of two cultivation levels including conventional tillage (mould board plowing) and reduced tillage (disking). The sub-plot included two nitrogen levels (50 and 150 $kg.ha^{-1}$) and five levels of barley residues (0, 77, 154, 231 and 301 $g.m^{-2}$) which were factorial arranged in sub plots. Cotton, Khordad cultivar, was planted on 20th June 2013. Plant dry weight was measured at three stages over the growing season and cotton bolls were collected at two stages and the lint, seed cotton and cottonseed yields was recorded.

Results and Discussion

Results showed that the cotton emergence in moldboard plowing (46.8%) was significantly higher than disk (38.1%), and seedling emergence in both tillage systems decreased with increasing amount of residues on the soil surface. The highest percentage of emergence was related to zero residues in moldboard plowing and the lowest emergence was observed in low tillage (disc) with residues of 308 $g.m^{-2}$. The residue application also reduced the plant dry weight early in the growing period. Although application of low amounts of residues reduced plant dry weight and cotton seed and lint yields compared to non-residue application at the end of the growing season, increased levels of residues, especially where high rates of nitrogen application and moldboard plow were practiced, remarkably increased these traits, so that the greatest lint yield (1.04 $ton.ha^{-1}$) was observed with 308 $g.ha^{-1}$ of residue in conjunction with application of 150 $kg.ha^{-1}$ nitrogen and practicing moldboard plowing. Moldboard plow system caused a greater dry matter accumulation and crop yield and it seems that initiation of crop residue conservation and reduced tillage requires more time.

1- Associate Professor, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
2- Former M.Sc. Student of Agroecology, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.
(*- Corresponding Author: mjamialahmadi@birjand.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.73029

Conclusion

The research clearly demonstrated the beneficial effects of not removing plant residues and mixing them with soil even for a single crop season, which, in turn, emphasizes the avoidance of incorrect burning of the residues of the previous crop. According to this study findings, where 100% of previous crop residues are added to the soil, the application of nitrogen should be increased proportionally. Otherwise, a significant reduction in crop yield and yield components would be observed especially at high rates of crop residues. Moreover, it appears that reduced cultivation systems might not influence crop yield and even reduce it in short term and requires long term research studies to determine the efficacy of conservational cultivation systems.

Keywords: Conservation tillage, Dry weight, Emergence, Lint yield, Moldboard plow

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 37-54

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 54-37

اثر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر رشد و شاخص‌های رشدی و آب مصرفی گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط آب‌وهوایی گیلان

کامیار سبک‌رو فومنی[1]، سعید سیف‌زاده[2*]، فرامرز علی‌نیا[3]، سید علیرضا ولدآبادی[2] و محمدرضا یزدانی[3]

تاریخ دریافت: 1397/05/30
تاریخ پذیرش: 1397/08/16

سبک‌رو فومنی، ک.، سیف‌زاده، س.، علی‌نیا، ف.، ولدآبادی، س.ع. و یزدانی، م. 1399. اثر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر رشد و شاخص‌های رشدی و آب مصرفی گیاه برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط آب‌وهوایی گیلان. بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 54-37.

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی اثر آبیاری تناوبی و فواصل مختلف کاشت بر سرعت رشد و شاخص‌های رشدی و میزان آب مصرفی گیاه برنج (*Oryza sativa* L.)، در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج استان گیلان در دو سال زراعی 94- 1393 و 95- 1394 به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌اجرا در آمد. عامل اصلی آزمایش شامل آبیاری تناوبی دارای پنج سطح (آبیاری هر روزه به‌صورت غرقاب (به‌عنوان شاهد) و پنج، هشت، 10 و 15 روز یک‌بار) و عامل فرعی شامل چهار فاصله کاشت (20×20، 25×25، 15×30، 20×30 سانتی‌متر) بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر صفات وزن خشک برگ و ساقه و CGR در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثرات ساده آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر صفات شاخص سطح برگ و NAR در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. به‌طوری‌که فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر بهترین شرایط را برای گیاه برنج در شدت‌های مختلف تنش ایجاد نمود. فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر نیز ضعیف‌ترین شرایط را برای گیاه ایجاد نمود. در تراکم پایین، رقابت بین ردیف‌ها (برون‌بوته‌ای) و حتی درون‌بوته‌ای تا زمان گل‌دهی و تشکیل دانه کمتر است و پس از این مرحله رقابت زیادی جهت مواد فتوسنتزی در بذر پانیکول ایجاد می‌گردد و باعث پوکی دانه می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که در بین سطوح آبیاری، آبیاری هر روزه بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول را دارا بود. بر این اساس، به نظر می‌رسد انتخاب تراکم مناسب راهکاری مدیریتی برای دستیابی پایدار به عملکرد اقتصادی به‌ویژه در شرایط محدودیت آب می‌باشد که این امر می‌تواند به‌طور ویژه‌ای رشد و عملکرد برنج و میزان مصرف آب و به تبع آن کارآیی مصرف آب و بهره‌وری آب را تحت تأثیر قرار دهد.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری آب، رقابت، سرعت رشد، کارآیی مصرف آب، مدیریت آبیاری

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین مواد غذایی بیشتر مردم دنیا بوده و در آسیا منبع اصلی تغذیه 3/5 میلیارد نفر می‌باشد. با افزایش جمعیت در سال 2025 میلادی میزان 70 درصد برنج بیشتر در مقایسه با میزانی که امروزه مصرف می‌شود، مورد نیاز است (IRRI, 2005). از این‌رو، بایستی خط مشی‌ها با توجه به تولید و مصرف برنج به‌وسیله جایگزینی و تکمیل روش‌های کشاورزی سنتی با روش‌های نوین کاشت تغییر یابند (IRRI, 2005). در حدود 75 درصد از کل برنج جهان در زمین‌های پست تحت آبیاری، تولید می‌شود. در سطح مزرعه، برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی دو تا سه برابر آب بیشتری دریافت کرده و بر اساس برخی برآوردها حدود 43-34 درصد از مجموع آب آبیاری جهانی و یا 30-24 درصد از مجموع

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تاکستان، ایران.
3- استادیار، مؤسسه تحقیقات برنج، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: saeedsayfzadeh@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i1.74890

آب شیرین استحصالی دنیا را مصرف می‌کند (Bouman et al., 2007). افزایش روزافزون تقاضای آب برای صنعت و جمعیت شهری، کاهش منطقی مصرف آب برای کشاورزی را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. در این شرایط مهم‌ترین چالش در رابطه با تولید برنج، ذخیره آب، افزایش بهره‌وری آب و تولید برنج بیشتر با آب کمتر است. کاهش و یا عدم وجود آب به‌مقدار کافی، به‌ویژه در قاره آسیا، باعث شده تلاش‌های زیادی برای استفاده از ابزار و فنون جدید کاشت برنج به‌منظور استفاده آب کمتر صورت گیرد. برای غلبه بر مشکلات ذکر شده در فوق، تعدادی راهکار جدید کاشت در کشورهای تولیدکننده برنج در دنیا معرفی شده‌اند (Belder et al., 2004). اخیراً سیستم-های مختلف تولید برنج مانند آبیاری متناوب برنج که در آن می‌توان با آب کمتر، برنج بیشتری تولید نمود مورد توجه قرار گرفته است (Amiri et al., 2011a).

بهره‌وری آب (WP)[1] در برنج یک مفهوم نسبی است و در واقع، بیانگر مقدار یا ارزش تولید به‌ازای حجم یا مقدار آب مصرفی می‌باشد. اختلافات زیادی در مقادیر بهره‌وری آب در برنج گزارش شده است (Tuong, 1999)، اگر چه این تفاوت‌ها به‌میزان زیادی تحت تأثیر تنوع و اختلافات زیاد در عملکرد است، ولی متأثر از میزان آب استفاده شده می‌باشد (Tuong, 1999). نتایج برخی پژوهش‌ها نشان‌دهنده آن است که بسته به شرایط اقلیمی و خاکی متفاوت، غرقاب دائم برنج ضرورت ندارد، بلکه در برخی از مراحل رشد می‌توان گیاه را تحت تأثیر تنش آب به‌صورت کاهش ارتفاع آب ایستابی در کرت و خشکاندن خاک در حد اشباع قرار داد، بدون اینکه عملکرد محصول کاهش معنی‌داری یابد (Yang et al., 2005). به عبارتی دیگر، ایجاد غرقاب دائم در برنج نه تنها یک ضرورت نیست، بلکه در مناطق خشک و نیمه‌خشک که حصول کارآیی مصرف آب بیشتر حائز اهمیت فراوان است، با کاهش زمان یا مقدار آبیاری می‌توان در مصرف آب صرفه‌جویی نمود (Asadi et al., 2003).

یکی از راهکارهای موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج، تغییر روش مرسوم آبیاری غرقاب دائم به‌روش آبیاری تناوبی با فاصله مناسب برای هر رقم می‌باشد (Abdi, 2003; Asadi et al., 2003). نتایج نشان می‌دهد ضرورت ندارد که برنج در تمام مراحل رشد، غرقاب دائم باشد، بلکه می‌توان کشت برنج را با کاهش ارتفاع آب ایستایی در کرت با تغییر روش آبیاری از غرقاب به غیرغرقاب انجام داد (Belder et al., 2004). اگرچه گاهی این قطع آب و تنش خشکی متعاقب آب، باعث کاهش عملکرد برنج می‌شود، ولی در برخی مواقع اعمال مدیریت صحیح آبیاری و خشک کردن محیط ریشه تأثیری در کاهش عملکرد آن ندارد و حتی کاهش قطع آب با فاصله مناسب باعث افزایش عملکرد دانه نیز می‌شود (Saadati, 1996). رضایی و نحوی (Rezaei & Nahvi, 2005) نشان دادند اگر چه آبیاری غرقاب دائم بیشترین عملکرد دانه برنج را تولید کرد، امّا راندمان مصرف آب در آبیاری تناوبی بالاتر بود. نتایج مشابهی توسط شاهین رخسار و همکاران (Shahin Rokhsar et al., 2011) و حسینی منفرد و همکاران (Hoseini Monfared et al., 2011) گزارش شده است. علاوه‌براین، مشاهده شده است که کیفیت دانه برنج تولیدی در شرایط آبیاری تناوبی می‌تواند بهتر از آبیاری غرقابی باشد (Shahin Rokhsar et al., 2011). تابال و همکاران (Tabbal et al., 2002) نشان دادند که می‌توان در مرحله‌ای از رشد و یا در تمام مراحل رشد، رطوبت خاک را در حد اشباع نگه داشت و از این طریق در مصرف آب برنج صرفه‌جویی کرد. باید توجه داشت که در این روش، دو عامل رقم و مدیریت علف‌های هرز می‌تواند موجب کاهش عملکرد دانه شود. ماکارا و همکاران (Makara et al., 2006) عنوان نمودند که تنش خشکی در طی مرحله زایشی برنج موجب کاهش عملکرد دانه به‌میزان 12 تا 46 درصد گردید. نحوی و همکاران (Nahvi et al., 2004) با مقایسه فواصل مختلف آبیاری یک، پنج، هشت و 11 روزه را برای رقم خزر در گیلان نشان دادند که فاصله آبیاری بر عملکرد دانه، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، راندمان مصرف آب، شاخص برداشت، درصد پوکی دانه‌ها، تعداد روزها از نشاءکاری تا 50 درصد گل‌دهی، تعداد روزها از نشاءکاری تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه مؤثر می‌باشند. به‌طور کلی، تحقیقات جهانی در مورد آبیاری برنج در سه زمینه مدیریت آبیاری تناوبی، سیستم افزایش تولید برنج و برنج هوازی قابل دسته‌بندی است که از میان آن‌ها روش آبیاری تناوبی با فاصله مناسب، بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است (Asadi et al., 2004). علاوه‌براین، بهینه‌یابی عمق و فاصله آبیاری تناوبی در هر یک از مراحل رشدی گیاه برنج می‌تواند منجر به مدیریت کمّی و کیفی آبیاری و دستیابی به عملکرد مطلوب شود.

یکی دیگر از مهم‌ترین عواملی که عملکرد این گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد علف‌های هرز می‌باشد. در شرایط تنش‌های محیطی این

1- Water productivity

تأثیرگذاری چند برابر خواهد شد. بنابراین، مدیریت علف‌های هرز به‌منظور حصول عملکرد مناسب امری بسیار مهم و ضروری است. فاصله بین بوته تأثیر زیادی بر رشد و عملکرد گیاه برنج داشته و باعث می‌شود هر گیاه به‌دلیل داشتن فضای بیشتر در اطراف خود نور بیشتری دریافت نموده و فعالیت فتوسنتزی خود را بهتر انجام دهد. در همین راستا، افزایش تراکم برای کاهش جمعیت علف‌های هرز و افزایش عملکرد نیز توصیه شده است (Chauhan & Johnson, 2011). اصولاً کشاورزان بر این باورند که با افزایش تراکم می‌توان عملکرد را افزایش داد، امّا بایستی توجه داشت که در تراکم‌های بیشتر از حد مطلوب، کاهش وزن بوته به حدی است که افزایش عملکرد ناشی از افزایش تعداد بوته را خنثی می‌نماید (Asghar et al., 2001). به‌طور کلی، اگرچه نتایج برخی دیگر از مطالعات نیز مؤید افزایش عملکرد در واحد سطح در نتیجه افزایش تراکم در واحد سطح است (Clerget et al., 2016)، ولی چمارا و همکاران (Chamara et al., 2017) گزارش نمودند که تراکم بالای برنج کاهش شدید عملکرد و اجزای آن را به دنبال دارد. نتایج این مطالعه نشان داد که در واریته‌های اصلاح شده و غیرحساس به فتوپریود، فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر بیشترین عملکرد را داشت؛ در صورتی‌که در واریته-های پابلند و پرپنجه، فاصله 25×25 سانتی‌متر مناسب‌تر بود. نحوی و همکاران (Nahvi et al., 2004) طی بررسی روی اثر فاصله کاشت و مقدار کود نیتروژن بر برنج هیبرید بیان کردند که فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر بیشترین عملکرد را در برنج هیبرید داشت. سوراجیت و دی دتا (Surajit & Datta, 1981) دریافتند که با افزایش فاصله کاشت از 15×15 سانتی‌متر به 20×20 و 25×25 سانتی‌متر عملکرد دانه برنج به‌ترتیب 30 و 50 درصد کاهش یافت.

فاگاد و دی‌داتا (Fagad & De Datta, 1971) نشان دادند که با فاصله بیش از 20×20 سانتی‌متر در هیچ شرایطی نمی‌توان شاخص سطح برگ کافی را جهت حصول حداکثر عملکرد به‌دست آورد. هم‌چنین گزارش شده است که فاصله‌های نزدیک، امکان دستیابی به شاخص سطح برگ مورد نیاز را در زمان کوتاه‌تری امکان‌پذیر می‌سازد (Johnson et al., 1991). چنانچه کاهش فاصله در دو جهت، بین ردیف و بین بوته‌ها در یک ردیف، صورت پذیرد و به کشت مربعی نزدیک شود، موجب توزیع یکنواخت‌تر و بهره‌برداری بیشتر از امکانات محیطی می‌گردد. در چنین شرایطی اگرچه عملکرد تک‌بوته کاهش می‌یابد، ولی در مجموع باعث افزایش عملکرد در واحد سطح می‌شود (Counce et al., 1989; Johnson et al., 1991). از طرف دیگر، فاصله خیلی نزدیک و کمتر از حد لزوم موجب افزایش هزینه نشاءکاری و احتمال خوابیدگی خواهد شد (Jones & Snyder, 1987). پروایز و همکاران (Pervaiz et al., 1984) نشان دادند که کاهش فاصله کاشت از 30×30 سانتی‌متر به 20×20 سانتی‌متر، اگرچه موجب دو برابر شدن هزینه تولید می‌شود، ولیکن افزایش عملکرد آن را جبران نموده و باعث افزایش بازده اقتصادی می‌گردد.

بر این اساس، از آن‌جایی‌که برنج یکی از محصولات زراعی عمده با نیاز آبی بالا محسوب می‌شود و با توجه به بروز خشکسالی‌های اخیر و کاهش منابع آب قابل دسترس و در نظر گرفتن اهمیت موارد ذکر شده در فوق، این مطالعه با هدف تعیین بهترین روش آبیاری برای رسیدن به حداکثر شاخص‌های رشدی و عملکرد برنج، طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپیلت پلات با دو عامل آبیاری (به‌عنوان عامل اصلی) در پنج سطح (آبیاری غرقاب دائم و آبیاری تناوبی پنج، هشت، 10 و 15 روز) و فاصله کاشت (به‌عنوان عامل فرعی) با چهار سطح (20×20، 25×25، 15×30، 20×30 سانتی‌متر) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در محل ستاد مؤسسه تحقیقات برنج طی دو سال 94-1393 و 95- 1394 انجام شد. نمونه‌برداری از خاک جهت تعیین بافت خاک و میزان ظرفیت نگهداری آب خاک در حد ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی و برخی از ویژگی‌های شیمیایی خاک از قبیل EC، pH، میزان Ca، Na و Mg انجام شد (جدول 1).

داده‌های هواشناسی از ایستگاه مجاور مؤسسه تحقیقات برنج جمع‌آوری و ثبت شد.

در 15 روز اول بعد از نشاءکاری آبیاری تناوبی اعمال نشد تا بوته به‌خوبی استقرار یابد. در زمان بارندگی سطح آب در مقدار قبل از شروع بارندگی تثبیت و از ازدیاد عمق آب در اثر باران جلوگیری شد. خزانه‌گیری به‌روش مرسوم منطقه انجام شد. شخم شالیزار در دو نوبت انجام گرفت. شخم اول در اواخر پاییز و اوایل زمستان و شخم دوم عمود بر شخم اول در فصل بهار انجام گرفت. کودپاشی زمین طبق عرف انجام شد. بر این اساس، 45 کیلوگرم در هکتار فسفر به‌صورت سوپر فسفات تریپل، 100 کیلوگرم در هکتار پتاسیم به‌صورت سولفات پتاسیم و 65 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌صورت

اوره قبل از کاشت به خاک اضافه شد.

جدول 1- خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

Table 1- Chemical and physical charactristics of soil

ویژگی Characteristic	واحد Unit	مقدار Value
رس Clay	Percent	46
سیلت Silt	Percent	42
شن Sand	Percent	12
اشباع Saturation	Percent	82.1
هدایت الکتریکی EC	$dS.m^{-1}$	1.48
واکنش pH	-	7.46
کربن آلی Organic carbon	Percent	2.05
نیتروژن کل Total N	Percent	0.16
فسفر P	$mg.kg^{-1}$	6.7
پتاسیم K	$mg.kg^{-1}$	142

عملیات نشاءکاری در 25 اردیبهشت ماه انجام گرفت. در این زمان، نشاءها به اندازه طبیعی خود یعنی 20 تا 25 سانتی‌متر رسیده و دارای چهار تا پنج برگ بودند. برای انجام نشاءکاری، نشاءها از خزانه به زمین اصلی منتقل شدند. قبل از انتقال نشاءها، خزانه کاملاً آبیاری شد تا عمل کندن نشاءها به‌آسانی صورت گیرد و به ریشه‌ها آسیبی وارد نگردد. سپس کاشت نشاءها در زمین اصلی صورت گرفت. صفاتی از قبیل وزن خشک ساقه و برگ، شاخص سطح برگ (LAI)[1]، سرعت رشد محصول (CGR)[2]، سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR)[3]، نسبت سطح برگ (LAR)[4]، سرعت رشد نسبی (RGR)[5] و سطح ویژه برگ (SLA)[6] اندازه‌گیری و محاسبه شد.

شاخص سطح برگ (LAI) با استفاده از معادله 1 محاسبه گردید.

1- Leaf area index
2- Crop growth rate
3- Net assimilation rate
4- Leaf area ratio
5- Relative growth rate
6- Specific leaf area

معادله (1) $LAI = LA / GA$

در این معادله، LA: سطح برگ به مترمربع و GA: سطح زمین اشغال شده توسط برگ می‌باشد.

سرعت رشد گیاه (CGR) با استفاده از معادله 2 محاسبه شد.

معادله (2) $CGR = W_2 - W_1 / T_2 - T_1$

که در آن، $W_2 - W_1$: تغییرات وزن خشک و $T_2 - T_1$: فاصله زمانی نمونه‌برداری می‌باشد.

سرعت جذب خالص (NAR) با استفاده از معادله 3 محاسبه شد.

معادله (3) $NAR= CGR / LAI$

سرعت رشد نسبی (RGR) طبق معادله 4 محاسبه شد که در آن، TDW: وزن خشک کل گیاه است.

معادله (4) $RGR= CGR / TDW$

سطح ویژه برگ (SLA) طبق معادله 5 محاسبه شد که در آن، LA: سطح برگ و LDW: وزن خشک برگ می‌باشد.

معادله (5) $SLA= LA / LDW$

نسبت سطح برگ (LAR) با استفاده از معادله 6 محاسبه شد.

معادله (6) $LAR= LA / TDW$

به‌منظور انجام تجزیه واریانس از نرم‌افزارهای SAS و SPSS، برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و برای مقایسه میانگین از آزمون LSD استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که صفات وزن خشک برگ و ساقه، LDW، TDW و CGR در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. هم‌چنین شاخص سطح برگ و NAR در فاکتور آبیاری تناوبی و فاصله کاشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند. صفات LAR، LWR، RGR و SLA معنی‌دار نبودند (جدول 2).

شاخص سطح برگ (LAI) یکی از معیارهای اساسی و مهم در تعیین قدرت فتوسنتزی گیاه محسوب می‌گردد که بیان‌کننده سطح برگ به سطح زمین اشغال شده توسط گیاه است. تراکم از جمله عوامل تأثیرگذار بر شاخص سطح برگ است. هرچه فاصله بین بوته‌ها کمتر باشد سبب افزایش تعداد پنجه و در نهایت تعداد برگ سبز در واحد سطح می گردد. اگرچه ممکن است، با افزایش تراکم تعداد پنجه کاهش یابد، ولی به‌علت این‌که در کل تعداد پنجه در واحد سطح

افزایش می‌یابد، LAI با افزایش تراکم کاشت افزایش می‌یابد. شاخص سطح برگ ابتدا افزایش یافته و این روند کمی قبل از خوشه‌دهی به بالاترین مقدار رسید و بعد از آن به‌علت پژمردگی برگ های پایینی و ریزش برگ‌ها کاهش یافت (جدول‌های 3 و 4). با توجه به این‌که عامل مهم مؤثر بر رشد و تولیدات گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها و تبدیل آن‌ها به مواد فتوسنتزی است، افزایش تعداد و سطح برگ در گیاهان باعث افزایش جذب نور شده که در نهایت، به شرط محدودکننده نبودن سایر فاکتورهای محیطی و بروز هر نوع تنش زنده و غیرزنده، می‌تواند منجر به افزایش تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد گردد. سایر بررسی‌ها نیز نشان داده است دلیل عمده کاهش شاخص سطح برگ در مراحل پایانی رشد ریزش بعضی از برگ‌های پایینی می‌باشد (Saberali et al., 2007). به‌طوری‌که فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 1/95 بیشترین و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 1/46 کمترین مقدار را به خود اختصاص دادند (جدول‌های 3 و 4). لباسچی و همکاران (Lebaschy & Sharifi, 2004) نیز گزارش کردند که پتانسیل فتوسنتزی و توان رشدی، همبستگی بالایی با سطح برگ داشته و میزان ماده خشک کل نتیجه کارآیی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تابش نور خورشید در طول فصل رشد است که در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد که با پوشش یکنواخت و کامل، جذب حداکثری نوری را فراهم آورد. یافته‌های دیگر محققان بر همبستگی بالای شاخص سطح برگ و عملکرد گیاهان تأکید دارد (Ghobadi et al., 2011; Mostafavi, 2014). از جمله دلایلی که آبیاری سطح برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد این است که آبیاری جذب عناصر غذایی توسط گیاه را افزایش داده و باعث افزایش فعالیت فتوسنتزی و افزایش مواد فتوسنتزی می‌گردد که سطح برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آبیاری هم‌چنین از طریق افزایش انعطاف‌پذیری دیواره سلولی، افزایش پتانسیل اسمزی و فشار تورژسانس سطح برگ سبب افزایش سطح برگ می‌شود. آبیاری می‌تواند سطح برگ را از طریق تغییر در میزان توسعه برگ و تغییر در میزان پیری برگ تحت تأثیر قرار دهد. آبیاری هر روز بیشترین شاخص سطح برگ را با 2/19 ایجاد نمود و آبیاری 15 روز با 1/25 کمترین مقدار را دارا بود. آبیاری هر روز و و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر در اثر متقابل دو فاکتور دارای بیشترین شاخص سطح برگ با 2/57 بودند. هم‌چنین آبیاری 15 روز و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 0/96 کمترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول‌های 3 و 4). به‌طور کلی، با افزایش تراکم بوته، شاخص سطح برگ تک‌گیاه اگرچه ممکن است با کاهش مواجه شود و این کاهش در گیاهان مغلوب در رقابت محسوس باشد، ولی در کل، مجموع سطح برگ گیاهان در واحد سطح افزایش می‌یابد (Dhingra et al., 1991). از آن‌جایی‌که در برنج برخلاف سایر گیاهان زراعی که رقابت اصلی بین بوته‌ها برای دریافت نور می‌باشد، رقابت بیشتر بین نشاءها برای جذب مواد غذایی است، بنابراین، با افزایش تراکم کاشت، رشد رویشی و شاخص سطح برگ کاهش یافته است و به‌تدریج با کاهش تراکم، به‌دلیل در اختیار داشتن فضای بیشتر، رشد رویشی و شاخص سطح برگ افزایش یافت. بر این اساس، به نظر می‌رسد در فاصله ردیف‌های کمتر و تراکم‌های بیشتر، رشد رویشی در هر کپه تحت تأثیر کنترل رقابت بین بوته‌ها و امکانات محیطی بوده و به همین دلیل تقریباً در حد معینی متوقف شده است؛ در حالی‌که در فاصله ردیف‌های بیشتر، به‌علت رقابت ناچیز بین بوته‌ها، رشد رویشی همچنان ادامه داشت و موجب تأخیر در خوشه‌دهی و تا حدودی کاهش شاخص سطح برگ شده است. چنین حالتی در تراکم‌های کمتر موجب افزایش پنجه‌های ثانویه شده که این امر از طریق غیریکنواختی رسیدگی و طولانی‌تر شدن مراحل گل‌دهی و پر شدن دانه می‌تواند به‌طور معنی‌داری عملکرد را تحت تأثیر قرار دهد. در کشاورزی پایدار برای بهبود شرایط زراعی و افزایش کارآیی مصرف آب و بهره‌وری مصرف آن، راهکارهای زراعی همچون تراکم کاشت و مدیریت آبیاری توصیه می‌شود که با طبیعت بیشترین سازگاری را داشته و با اصول بوم‌شناختی هماهنگ باشند.

وزن خشک برگ یکی از عوامل تأثیرگذار در رشد گیاه می‌باشد. تراکم کاشت و آبیاری، وزن خشک برگ را تحت تأثیر قرار می‌دهند. هرچه تراکم بوته بیشتر باشد به‌دلیل این‌که شاخص سطح برگ نیز افزایش می‌یابد، در نتیجه جذب اشعه خورشید افزایش می‌یابد. این افزایش سبب بیشتر شدن تولید مواد فتوسنتزی گیاه می‌گردد که افزایش وزن اندام‌های هوایی را سبب می‌شود. فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 13/84 گرم در مترمربع بیشترین و فاصله کاشت 25×25 با 13/28 گرم در مترمربع کمترین وزن خشک برگ را داشتند (جدول 4). آبیاری باعث افزایش تولید مواد فتوسنتزی در گیاه شده و هم‌چنین از طریق تحت تأثیر قرار دادن فرایندهای بیولوژیک گیاه سبب افزایش وزن خشک می‌گردد. با کاهش محتوی آب، وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد. از جمله دلایل آن می‌توان به تغییر در انتقال آنزیم‌ها

در فتوسنتز و آنزیم ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز در کلروپلاست وزن خشک برگ و فاصله آبیاری 15 روز با 12/97 گرم در مترمربع اشاره کرد. آبیاری روزانه با 14/12 گرم در مترمربع دارای بیشترین کمترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول 3).

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشدی برنج طی دو سال زراعی

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for the effects of alternating irrigation and plant spacing on physiological growth indices of rice during two growing seasons

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	سرعت رشد نسبی RGR	حداکثر وزن خشک ساقه Stem dry weight$_{max}$	حداکثر وزن خشک برگ Leaf dry weight$_{max}$	حداکثر شاخص سطح برگ LAI$_{max}$	سرعت آسیمیلاسیون خالص NAR	حداکثر وزن خشک کل TDW$_{max}$	سطح ویژه برگ SLA	نسبت سطح برگ LAR	حداکثر سرعت رشد نسبی CGR$_{max}$	نسبت وزن خشک برگ LWR
سال Year (Y)	1	0.000 ns	0.108 ns	0.768 ns	0.001 ns	0.001 ns	577.900 ns	0.000 ns	0.000 ns	115.248 ns	0.000 ns
خطای اصلی Main error	4	0.000	0.715	0.758	0.671	0.671	1237.687	0.000	0.000	0.137	0.000
آبیاری تناوبی Alternating irrigation (I)	4	0.000 ns	5.811 **	5.101**	2.983**	2.983**	8818.369**	0.000 ns	0.000 ns	36.209**	0.000 ns
I × Y	4	0.000 ns	0.006 ns	0.000 ns	0.066 ns	0.066 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns
خطای فرعی Sub error	16	0.000	0.039	0.021	0.030	0.030	42.907	0.000	0.000	0.033	0.000
فاصله کاشت Plant spacing (S)	3	0.000 ns	2.396**	2.440 ns	2.402**	2.402**	517873.945**	0.000 ns	0.000 ns	19.045**	0.000 ns
S × Y	3	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.025 ns	0.025 ns	6.940 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns
I × S	12	0.000 ns	0.022**	0.026 **	0.142 ns	0.142 ns	183.539**	0.000 ns	0.000 ns	0.035**	0.000 ns
I× S ×Y	12	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.079 ns	0.079 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns	0.000 ns
خطای فرعی فرعی Sub sub error	60	0.000	0.006	0.007	0.008	0.008	16.533	0.000	0.000	0.179	0.000
ضریب تغییرات C.V (%)		1.49	0.54	1.12	15.87	15.87	0.74	14.36	14.35	1.58	0.15

**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌دار می‌باشند.

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

جدول 3- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر شاخص سطح برگ گیاه برنج در دو سال زراعی

Table 3- Mean comparisons for the effects of alternating irrigation and plant spacing on leaf area index of rice during two growing seasons

فاصله کاشت Plant spacing (cm)	غرقاب Submergence	فاصله آبیاری Irrigation interval (days)			
		5	8	10	15
20×20	2.578[a*]	2.287[ab]	2.005[bcd]	1.587[defg]	1.297[ghi]
25×25	1.925[bcde]	1.642[defg]	1.348[fghi]	1.447[fgh]	0.96[i]
30×20	1.932[bcde]	1.758[cdef]	1.502[efgh]	1.662[defg]	1.097[hi]
30×15	2.353[ab]	2.128[abc]	2.200[abc]	1.947[bcde]	1.652[defg]

* میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means with same letter(s) have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

گرنت و همکاران (Grant et al., 1989) بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش آسیمیلاسیون و در نهایت کاهش ماده خشک گیاه می‌شود. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری روزانه و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 14/41 گرم در مترمربع دارای بیشترین وزن خشک برگ و فاصله آبیاری 15 روز و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 12/76 گرم در مترمربع دارای کمترین وزن خشک برگ بودند (جدول 3).

20×20	$y = -0.053x2 + 0.080x + 14.13$ $R^2 = 0.991$	30×20	$y = 0.027x^2 - 0.448x + 14.39$ $R^2 = 0.998$
25×25	$y = -0.001x^2 - 0.259x + 14.07$ $R^2 = 0.995$	30×15	$y = -0.040x^2 - 0.072x + 14.43$ $R^2 = 0.994$

شکل 1- اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر وزن خشک برگ برنج

Fig. 1- Interaction of alternating irrigation and plant spacing on leaf dry weight of rice

I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5: به‌ترتیب آبیاری روزانه، پنج روز، هشت روز، 10 روز و 15 روز یک‌بار

I_1, I_2, I_3, I_4 and I_5: are present irrigation at every day, every 5 days, 8 days, 10 days and 15 days, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر شاخص‌های رشدی گیاه برنج طی دو سال زراعی

Table 4- Mean comparisons for the interaction effects of alternating irrigation and plant spacing on growth indices of rice during two growing seasons

تیمار Treatment	شاخص سطح برگ LAI	سرعت رشد محصول CGR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	وزن خشک برگ LDW ($g.m^{-2}$)	وزن خشک کل TDW ($g.m^{-2}$)	سرعت رشد نسبی RGR ($g.m^{-2}$)	سرعت آسیمیلاسیون خالص NAR ($g.m^{-2}.day^{-1}$)	نسبت سطح برگ LAR ($m^2.g^{-1}$)	سطح ویژه برگ SLA ($m^2.g^{-1}$)	نسبت وزن برگ LWR ($g.g^{-1}$)	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک ساقه Stem dry weight ($g.m^{-2}$)
$I_1\times D_1$	2.578^{a*}	13.92^{a}	360.2^{a}	728.8^{a}	0.019^{a}	5.42^{f}	0.003536^{a}	0.0071^{a}	0.4942^{a}	14.41^{a}	14.74^{a}
$I_1\times D_2$	1.925^{bcde}	12.54^{e}	221^{m}	447.6^{m}	0.028^{a}	$6.53d^{ef}$	0.004297^{a}	0.0087^{a}	0.4936^{a}	13.81^{d}	14.17^{d}
$I_1\times D_3$	1.932^{bcde}	13.18^{cd}	231.8^{k}	469.3^{k}	0.028^{a}	$6.83d^{ef}$	0.004118^{a}	0.0083^{a}	0.4939^{a}	13.96^{c}	14.31^{c}
$I_1\times D_4$	2.353^{ab}	13.62^{b}	317.8^{f}	644^{f}	0.021^{a}	5.88^{ef}	0.003653^{a}	0.0074^{a}	0.4935^{a}	14.32^{a}	14.69^{a}
$I_2\times D_1$	2.287^{ab}	13.32^{bc}	353.4^{b}	715.3^{b}	0.018^{a}	5.89^{ef}	0.003198^{a}	0.0064^{a}	0.4941^{a}	14.14^{b}	14.47^{b}
$I_2\times D_2$	1.642^{defg}	11.71^{g}	216.9^{n}	439.4^{n}	0.026^{a}	7.17^{def}	0.003739^{a}	0.0075^{a}	0.4935^{a}	13.55^{ef}	13.91^{e}
$I_2\times D_3$	1.758^{cdef}	12.65^{e}	226.2^{l}	457.4^{l}	0.027^{a}	7.20^{def}	0.003846^{a}	0.0077^{a}	0.4945^{a}	13.63^{e}	13.93^{e}
$I_2\times D_4$	2.128^{abc}	10.95^{d}	313.2^{g}	633.8^{g}	0.020^{a}	6.27^{def}	0.003358^{a}	0.0067^{a}	0.4941^{a}	14.11^{b}	14.44^{b}
$I_3\times D_1$	2.005^{bcd}	12.63^{e}	346.9^{c}	701.7^{c}	0.018^{a}	6.38^{def}	0.002860^{a}	0.0057^{a}	0.4944^{a}	13.88^{cd}	14.19^{cd}
$I_3\times D_2$	1.348^{fghi}	10.61^{j}	213.1^{o}	430.2^{o}	0.024^{a}	7.91^{abcd}	0.003139^{a}	0.0063^{a}	0.4954^{a}	13.32^{gh}	13.57^{hi}
$I_3\times D_3$	1.502^{efgh}	11.63^{g}	220.7^{m}	447.2^{m}	0.026^{a}	7.82^{abcd}	0.003360^{a}	0.0068^{a}	0.4934^{a}	13.29^{h}	13.65^{gh}
$I_3\times D_4$	2.200^{abc}	12.12^{f}	308.7^{h}	622.9^{h}	0.019^{a}	5.61^{f}	0.003535^{a}	0.0071^{a}	0.4955^{a}	13.90^{cd}	14.15^{d}
$I_4\times D_1$	1.587^{defg}	12.03^{f}	339.2^{d}	685.2^{d}	0.017^{a}	7.72^{bcd}	0.002321^{a}	0.0046^{a}	0.4950^{a}	13.57^{ef}	13.84^{ef}
$I_4\times D_2$	1.447^{fgh}	9.733^{l}	207.5^{p}	419.8p	0.023^{a}	6.73^{def}	0.003453^{a}	0.0069^{a}	0.4943^{a}	12.97^{ij}	13.27^{j}
$I_4\times D_3$	1.662^{defg}	10.98^{hi}	216no	436.8^{no}	0.025^{a}	6.62^{def}	0.003807^{a}	0.0077^{a}	0.4944^{a}	13.01^{i}	13.30^{j}
$I_4\times D_4$	1.947^{bcde}	11.18^{h}	298.3^{i}	602.9^{i}	0.018^{a}	6.12^{def}	0.003239^{a}	0.0065^{a}	0.4948^{a}	13.44^{fg}	13.72^{fg}
$I_5\times D_1$	1.297^{ghi}	11.08^{h}	330.5^{e}	668.1^{e}	0.016^{a}	9.13^{abc}	0.001937^{a}	0.0039^{a}	0.4947^{a}	13.22^{h}	13.50^{i}
$I_5\times D_2$	0.96^{i}	9.003^{m}	204.2^{p}	412.6^{q}	0.021^{a}	9.59^{a}	0.002324^{a}	0.0046^{a}	0.4948^{a}	12.76^{k}	13.03^{k}
$I_5\times D_3$	1.097^{hi}	10.29^{k}	213.2^{o}	431.3^{o}	0.023^{a}	9.41^{ab}	0.002539^{a}	0.0051^{a}	0.4943^{a}	12.84^{jk}	13.14^{k}
$I_5\times D_4$	1.652^{defg}	10.72^{ij}	290.2^{j}	586.2^{j}	0.018^{a}	7.46^{cde}	0.002830^{a}	0.0057^{a}	0.4950^{a}	13.07^{i}	13.33^{j}

I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5: به‌ترتیب آبیاری روزانه، پنج روز، هشت روز، ۱۰ روز و ۱۵ روز یک‌بار و D_1، D_2، D_3 و D_4: به‌ترتیب۲۰×۲۰، ۲۵×۲۵، ۲۰×۳۰ و ۱۵×۳۰ سانتی‌متر

I_1, I_2, I_3, I_4 and I_5: are present irrigation at every day, every 5 days, 8 days, 10 days and 15 days and D_1, D_2, D_3 and D_4: 20×20, 25×25, 20×30 and 30×15, respectively.

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

* Means with same letter(s) for each column have not significantly different based on Duncan test at 5% probability level.

وزن خشک ساقه تحت تأثیر آبیاری تناوبی و فاصله کاشت قرار می‌گیرد. آبیاری هر روزه با 14/48 گرم در مترمربع دارای بیشترین وزن خشک ساقه و آبیاری 15 روزه با 13/25 گرم در مترمربع کمترین میزان را به خود اختصاص داد. در بین فاصله‌های مختلف کاشت، فاصله 20×20 سانتی‌متر با 14/15 گرم در مترمربع بیشترین و فاصله 25×25 سانتی‌متر با 13/59 گرم در مترمربع کمترین وزن

خشک ساقه را داشتند. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هر روزه و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 14/74 گرم دارای بیشترین وزن خشک ساقه و آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 13/03 گرم دارای کمترین وزن خشک ساقه بودند (جدول 4). وزن خشک ساقه اگرچه متأثر از عوامل ژنتیکی می‌باشد، ولی به‌شدت وابسته به عوامل محیطی همچون میزان و عمق آب، عناصر غذایی، شدت نور و تاریخ کاشت است. در مرحله طویل شدن ساقه نیاز گیاه به آب افزایش می‌یابد. کمبود آب در این مرحله نه تنها روی طویل شدن ساقه بلکه بر اندام‌های تولیدی گل نیز تأثیر منفی دارد (Saadati, 1996). بر اساس نتایج تحقیقات یوشیدا (Yoshida, 1975) مشخص گردید که وجود آب کافی در طی مراحل رشد برنج، در رشد طولی ساقه و ریشه‌دهی مناسب تأثیر داشته و از این طریق، رشد اندام‌های هوایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علاوه‌براین، مشاهده شده که تولید هورمون جیبرلین در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط هوازی است. افزایش غلظت جیبرلین در این شرایط باعث افزایش رشد طولی اندام‌های هوایی می‌گردد.

سرعت رشد محصول، افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می‌باشد و به‌طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان به‌کار گرفته شده است. از آن‌جایی‌که CGR حاصلضرب شاخص سطح برگ در سرعت آسیمیلاسیون خالص می‌باشد، لذا گیاهانی که شاخص سطح برگ بالاتری دارند سرعت رشد محصول آن‌ها نیز بالاتر می‌باشد، زیرا هرچه شاخص سطح برگ بالاتر باشد میزان تولید مواد فتوسنتزی نیز بالاتر می‌باشد. سرعت رشد گیاه یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان همبستگی بالایی دارد (Mohammadian et al., 2013) و از مهم‌ترین شاخص‌های تجزیه و تحلیل رشد در جامعه‌های گیاهی می‌باشد که به‌صورت افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح زمین در واحد زمان تعریف می‌شود و به‌طور معمول، بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در مترمربع (سطح زمین) در روز بیان می‌شود. از این شاخص به‌طور گسترده‌ای در تجزیه و تحلیل رشد گیاهان استفاده می‌شود. معمولاً در آغاز فصل رشد به‌دلایلی همچون کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن روزها و دمای پایین هوا، سرعت رشد گیاه پایین بوده و پس از مدتی به‌دلیل توسعه سطح برگ و افزایش رشد ریشه و در نتیجه امکان فتوسنتز بالاتر، سرعت رشد گیاه شدت می‌یابد و در اواسط دوره رشد به حداکثر میزان خود می‌رسد. پس از این مرحله سرعت رشد گیاه دچار کاهش شدیدی می‌شود و این روند تا پایان دوره رشد گیاه ادامه می‌یابد. فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 12/60 گرم بر مترمربع در روز بیشترین و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 10/72 گرم بر مترمربع در روز کمترین مقدار را CGR دارا بودند (جدول 4). آبیاری باعث افزایش CGR در گیاه برنج می‌گردد. آبیاری توان تولید مواد فتوسنتزی را در گیاه برنج افزایش می‌دهد که باعث افزایش وزن خشک برگ و ساقه و سبب افزایش شاخص TDW می‌گردد. از آنجا که CGR همبستگی زیادی با TDW دارد، افزایش TDW باعث افزایش CGR می‌گردد. با کاهش آبیاری و وزن خشک گیاه، CGR کاهش می‌یابد. آبیاری هر روز بیشترین CGR را با 13/32 گرم بر مترمربع در روز و آبیاری 15 روزه با 10/27 گرم بر مترمربع در روز کمترین مقدار را دارا بود (جدول 4). آبیاری هر روز و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر در اثر متقابل دو فاکتور دارای بیشترین CGR با 13/92 گرم بر مترمربع در روز بودند، هم‌چنین آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 9/003 گرم بر مترمربع در روز کمترین مقدار را دارا بودند (جدول 4). به نظر می‌رسد بالاتر بودن میزان تنفس نسبت به فتوسنتز جاری به‌ویژه در مراحل انتهایی رشد (Van Irsel, 2000; Van Irsel & Seymour, 2000) موجب کاهش شدیدتر سرعت رشد گیاه شده است. نتایج نشان داده است که سرعت رشد گیاه رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده داشته و به‌ویژه در تراکم‌های مطلوب، توزیع بوته‌ها و سطح برگ در واحد سطح یکنواخت‌تر شده و برگ‌ها موقعیت مناسب‌تری برای جذب تابش و فتوسنتز پیدا می‌کنند و در نتیجه سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد (Oozooni Doji et al., 2008). بین سرعت رشد گیاه و میزان تابش جذب شده توسط برگ‌های گیاه رابطه مستقیم وجود دارد، به‌طوری‌که در آغاز و پایان فصل رشد به‌دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و کم بودن سطح دریافت‌کننده تابش، تولید ماده خشک کمتر شده و میزان سرعت رشد گیاه هم کم می‌باشد، امّا با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ، جذب تابش و سرعت رشد گیاه افزایش می‌یابد (Habibzadeh et al., 2006). راعی و همکاران (Raee et al., 2008) نتیجه گرفتند کاهش سرعت رشد محصول در تراکم‌های بالاتر به‌دلیل تشدید رقابت درون‌گونه‌ای بیشتر بود.

سرعت آسیمیلاسیون خالص (NAR) عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد سطح برگ در واحد

زمان. افزایش تراکم کاشت باعث کاهش NAR می‌گردد؛ میزان جذب و ساخت خالص گیاه در اوایل فصل رشد به‌دلیل پایین بودن سطح برگ و فتوسنتز پایین بوده و به‌تدریج همراه با رشد و افزایش شاخص سطح برگ، در اواسط دوره رشد افزایش چشمگیری یافته و پس از آن به‌دلایلی همچون سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر، انتقال دوباره عناصر، پیری برگ‌ها و کاهش کارآیی فتوسنتزی آن‌ها کاهش شدیدی می‌یابد. به‌طوری‌که فاصله کاشت 15×30 سانتی‌متر با 6/27 گرم بر مترمربع در روز کمترین NAR و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 7/59 گرم بر مترمربع در روز بیشترین مقدار را دارا بودند. آبیاری باعث کاهش NAR می‌گردد. آبیاری هر روزه با 6/17 گرم بر مترمربع در روز دارای کمترین NAR و آبیاری 15 روزه با 8/90 گرم بر مترمربع در روز بیشترین مقدار را دارا بود. آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر در اثر متقابل دو فاکتور دارای بیشترین NAR با 9/59 گرم بر مترمربع در روز بودند. همچنین آبیاری هر روزه و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 5/42 گرم بر مترمربع در روز کمترین مقدار را دارا بودند (جدول 4). در پایان فصل رشد، همچون شاخص سطح برگ و سرعت افزایش تجمع ماده خشک و سرعت رشد گیاه، سرعت جذب و ساخت خالص نیز به صفر می‌رسد که این موضوع ناشی از مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد فتوسنتزی، تخریب تدریجی کلروفیل و کاهش غلظت آن در سطح برگ و همچنین افزایش تنفس در مقایسه با فتوسنتز در اثر نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک می‌باشد (Oozooni Doji et al., 2008). به‌طور کلی، به نظر می‌رسد شاخص سطح برگ و سرعت جذب و ساخت خالص بالا، به شرط ثابت بودن دیگر شرایط برای تیمارهای مختلف می‌تواند منجر به دستیابی به تجمع بیشتر ماده خشک شود (Mostafavi, 2014).

بالاترین LDW در آبیاری هر روز با 282/7 گرم بر مترمربع و کمترین مقدار در آبیاری 15 روزه با 259/5 گرم بر مترمربع مشاهده شد (جدول 4). شاخص LDW همبستگی زیادی با وزن خشک برگ دارد و از حاصل‌ضرب وزن خشک برگ در ضریب به‌دست می‌یابد. در نتیجه آبیاری، تولید مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد که باعث افزایش وزن خشک برگ شده و افزایش این عامل باعث افزایش شاخص LDW می‌گردد. کاهش آبیاری باعث کاهش سطح برگ و جذب نور خورشید می‌گردد که این عامل منجر به کاهش فتوسنتز و تولید مواد در گیاه می‌گردد و در نتیجه وزن خشک برگ کاهش می‌یابد. در بین فواصل مختلف کاشت، 20×20 سانتی‌متر با 346 گرم بر مترمربع بیشترین و 25×25 سانتی‌متر با 212/5 گرم بر مترمربع کمترین مقدار LDW را دارا بود. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هر روز و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 360/2 گرم بر مترمربع بیشترین LDW و آبیاری 15 روزه فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 204/2 گرم بر مترمربع کمترین LDW را داشتند (جدول 4). آشوری و امیری (Ashoouri & Amiri, 2011) گزارش کردند که فاصله آبیاری پنج، هشت و 11 روزه باعث کاهش تولید زیست‌توده تولیدی در مقایسه با آبیاری غرقابی در برنج شد. کاتوزی و همکاران (Katozi et al., 2007) نیز گزارش کردند که با تغییر روش آبیاری از حالت غرقابی به تناوبی، عملکرد بیولوژیکی برنج به‌طور معنی‌داری کاهش یافت؛ به‌طوری‌که برای فاصله‌های آبیاری پنج، هشت و 11 روز به‌ترتیب 21، 28 و 32 درصد در مقایسه با آبیاری غرقابی کاهش عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. بلدر و همکاران (Belder et al., 2004) نیز نشان دادند که آبیاری اثر مثبتی بر تولید ماده خشک برنج دارد. در شرایط کمبود آب، رشد سلول‌ها به‌عنوان اولین فرآیند تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Miri, 2009). بنابراین، با کاهش میزان آب موجود، سطح برگ و میزان فتوسنتز گیاه کاهش یافته که از این طریق تولید ماده خشک کاهش می‌یابد (Grigg et al., 2000).

علاوه‌براین، افزایش رقابت بین بوته‌ای در نتیجه سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر تحت تأثیر افزایش تراکم موجب بالا رفتن تنفس، نگهداری و انتقال کمتر مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی شده و از سوی دیگر، به‌دلیل تولید پنجه کمتر در بوته کاهش تولید ماده خشک را به دنبال دارد. از طرف دیگر، افزایش تراکم در واحد سطح می‌تواند به مدیریت علف‌های هرز کمک نماید، زیرا سایه‌انداز گیاهی زودتر تشکیل شده و با ایجاد سایه از رشد علف‌های هرز جلوگیری می‌گردد.

TDW یکی از شاخص‌های مهم ارزیابی وضعیت رشد گیاه می‌باشد که نشان‌دهنده میزان تجمع ماده خشک در کل گیاه است. در واقع، مجموع بافت‌های فتوسنتزکننده و تنفس‌کننده را نشان می‌دهد. این شاخص، انعکاسی از فتوسنتز خالص گیاه است (Mostafavi, 2014) و ماده فتوسنتزی تولیدی می‌تواند به مصرف رشد گیاه رسیده و یا در اندام‌های ذخیره‌ای تجمع یابد و تعیین‌کننده عملکرد گیاهان زراعی باشد. چنان‌که انتظار می‌رفت، بیشترین تجمع ماده خشک در طی فصل رشد در تیمارهایی رخ داد که دارای شاخص سطح برگ

بالاتر و در نتیجه ظرفیت بالاتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند. افزایش شاخص سطح برگ می‌تواند موجب افزایش توان فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش تولید ماده خشک شود که این امر به نوبه خود می‌تواند بهبود عملکرد را موجب گردد. افزایش تراکم باعث افزایش TDW می‌گردد؛ به‌طوری‌که فاصله 20×20 سانتی‌متر با 699/8 گرم بر مترمربع بیشترین و 25×25 سانتی‌متر با 429/9 گرم بر مترمربع کمترین میزان TDW را دارا بودند (جدول 4). اعمال آبیاری از طریق افزایش رشد باعث افزایش TDW می‌گردد. شاخص TDW همبستگی زیادی با وزن خشک برگ دارد و از حاصل‌ضرب وزن خشک برگ در ضریب به‌دست می‌یابد. در آبیاری هر روز با 572/4 گرم بر مترمربع بیشترین و در آبیاری 15 روزه با 524/5 گرم بر مترمربع کمترین TDW مشاهده شد. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هر روز و فاصله کاشت 20×20 با 728/8 گرم بر مترمربع بیشترین TDW و آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 412/6 گرم بر مترمربع کمترین TDW را داشتند (جدول 4).

20×20	$y = -0.714x^2 - 10.71x + 739.4$ $R^2 = 1$	30×20	$y = 0.928x^2 - 15.27x + 483.6$ $R^2 = 0.996$
25×25	$y = -9x + 456.4$ $R^2 = 0.996$	30×15	$y = -1.357x^2 - 6.557x + 652$ $R^2 = 0.996$

شکل 2- اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت بر میزان تجمع ماده خشک برنج

Fig. 2- Interaction of alternating irrigation and plant spacing on total dry weight of rice

I_1، I_2، I_3، I_4 و I_5: به‌ترتیب آبیاری روزانه، پنج روز، هشت روز، 10 روز و 15 روز یک‌بار

I_1, I_2, I_3, I_4 and I_5: are present irrigation at every day, every 5 days, 8 days, 10 days and 15 days, respectively.

اگرچه تأثیر خشکی بر عملکرد و اجزای آن تأثیر زیادی دارد، ولی طول دوره خشکی مشخص‌کننده شدت و ضعف آن می‌باشد. کاهش رطوبت طی مرحله تشکیل خوشه و گل‌دهی باعث می‌شود تا تلقیح به‌خوبی انجام نشده و عملکرد برنج افت نماید، زیرا در رطوبت کم، دانه‌های گرده نمی‌توانند به تخمدان نفوذ کرده و در نتیجه تلقیح به‌خوبی انجام نگرفته و دانه‌های پوک تولید می‌شوند (Soleimani & Amiri Larijani, 2003). فاصله بیشتر بین بوته‌ها باعث می‌شود هر گیاه به‌دلیل فضای بیشتر در اطراف خود، نور بیشتری دریافت نموده و فعالیت فتوسنتزی خود را بهتر انجام دهد و از گیاهانی که به یکدیگر نزدیک‌تر هستند، بهتر رشد کند (Baloch et al., 2002). هم‌چنین به نظر می‌رسد که کاهش فواصل نشاءکاری باعث افزایش هزینه تولید شده و از لحاظ اقتصادی و بازده انرژی مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد.

در اوایل دوره رشد، میزان و سرعت تجمع ماده خشک کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافته و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت و پس از آن به‌دلایلی همچون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر پایینی و ریزش برگ‌های پایینی، انتقال دوباره کربوهیدرات‌های ذخیره شده، افزایش بافت‌های

ساختمانی غیرفتوسنتزی و افزایش تنفس گیاه، شیب تجمع ماده خشک کم شده و سپس ثابت می‌شود (Mostafavi, 2014). هم‌چنین به نظر می‌رسد کاهش چشمگیر سرعت و ثابت شدن روند تجمع ماده خشک کمی پس از گل‌دهی گیاه و هم‌زمان با پر شدن دانه رخ داده است. کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و بین بوته‌ای در فاصله کاشت بیشتر منجر به افزایش جذب نور و مواد غذایی و بهبود فتوسنتز و به دنبال آن افزایش تجمع نسبی ماده خشک شده است.

RGR یا سرعت رشد نسبی، نشان‌دهنده تولید ماده خشک هر گیاه نسبت به وزن اولیه گیاه می‌باشد که در مراحل اولیه رشد که برگ‌های گیاه اغلب در معرض نور خورشید قرار دارد، سرعت تجمع ماده خشک بالاتر بوده ولی همزمان با رشد گیاه و افزایش سایه‌اندازی به‌جای اینکه تمامی برگ‌ها تولیدکننده مواد فتوسنتزی باشند، بخشی از آن‌ها بیشتر نقش مصرف‌کننده داشته و باعث کاهش سرعت رشد نسبی می‌گردد. بیشترین و کمترین RGR به‌ترتیب در آبیاری هر روز با 0/024 گرم بر گرم در روز و آبیاری 15 روزه با 0/020 گرم بر گرم در روز مشاهده شد. در بین فواصل کاشت، 20×30 با 0/026 گرم بر گرم در روز بیشترین و 20×20 سانتی‌متر با 0/017 گرم بر گرم در روز کمترین مقدار RGR را دارا بود. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هر روز و فاصله کاشت 20×30 سانتی‌متر با 0/028 گرم بر گرم در روز بیشترین RGR و آبیاری 15 روزه فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 0/16 گرم بر گرم در روز کمترین RGR را داشتند (جدول 4). یکی از دلایل این امر آن است که بخش‌هایی که به گیاه افزوده می‌شوند، اغلب بافت‌های ساختمانی هستند که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و نقشی در فتوسنتز ندارند. هم‌چنین به‌دلیل قرار گرفتن برگ‌های اولیه در سایه و افزایش سن آن‌ها فعالیت فتوسنتزی کاهش یافته و سرعت رشد نسبی نیز کاهش می‌یابد. هر چند که وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند، ولی از سرعت رشد نسبی به‌دلیل افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های در حال رشد کاسته می‌شود. نتایج برخی از دیگر مطالعات نیز مؤید کاهش سرعت رشد نسبی بر اثر گذشت زمان به‌دلیل سایه‌اندازی گیاه می‌باشد (Eydizadeh et al., 2010; Tarigholeslami et al., 2012). افزایش سن برگ، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر روی برگ‌های پایینی و هم‌چنین تخصیص منابع از برگ‌ها به ریشه با افزایش اندازه گیاه از جمله مهم‌ترین دلایل کاهش سرعت رشد نسبی در طول زمان است (Zafarian et al., 2009).

نسبت سطح برگ در واقع شاخصی مورفولوژیک از میزان برگ در گیاه می‌باشد. از آنجا که این شاخص با اجزای فتوسنتزی و تنفس گیاه در ارتباط بوده و معیاری از توازن هزینه‌ها میان ورودی و خروجی است. SLA نسبت سطح برگ به وزن خشک برگ در واحد مترمربع بر گرم می‌باشد. در واقع، SLA نسبت سطح بافت‌های فتوسنتزکننده را به وزن بافت‌های فتوسنتزکننده نشان می‌دهد. آبیاری باعث افزایش SLA می‌گردد، به‌طوری‌که بیشترین SLA در آبیاری هر روزه با 0/007 مترمربع بر گرم و کمترین SLA در آبیاری 15 روزه با 0/004 مترمربع بر گرم مشاهده شد. در بین فواصل کاشت، فاصله کاشت 20×30 سانتی‌متر با 0/007 مترمربع بر گرم بیشترین و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر در هکتار با 0/005 مترمربع بر گرم کمترین SLA را داشتند. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هر روزه و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 0/008 مترمربع بر گرم دارای بیشترین SLA و آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 0/003 مترمربع بر گرم دارای کمترین SLA بودند (جدول 4). به نظر می‌رسد که در فاصله ردیف بیشتر، قسمت عمده‌ای از کربوهیدرات‌های تولیدی در هر کپه صرف تولید اجزای رویشی می‌گردد. درحالی‌که در فاصله ردیف نزدیک‌تر به‌علت رقابت بیشتر بین بوته‌ها، رشد رویشی محدود شده که موجب می‌شود کربوهیدرات بیشتری به‌سمت مخازن زایشی هدایت شود.

LAR نسبت سطح بافت‌های فتوسنتزکننده به وزن خشک کل بافت‌های تنفس‌کننده را نشان می‌دهد. آبیاری باعث افزایش LAR گردید؛ به‌طوری‌که بیشترین LAR در آبیاری هر روزه با 0/003 مترمربع بر گرم و کمترین LAR در آبیاری 15 روزه با 0/002 مترمربع بر گرم مشاهده شد. در بین فواصل کاشت، فاصله کاشت 20×30 سانتی‌متر با 0/003 مترمربع بر گرم بیشترین و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر در هکتار با 0/002 مترمربع بر گرم کمترین LAR را داشتند. اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هر روزه و فاصله کاشت 25×25 با 0/004 مترمربع بر گرم دارای بیشترین LAR و آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر با 0/001 مترمربع بر گرم دارای کمترین LAR بودند (جدول 4). به نظر می‌رسد که کاهش آب در دوره پس از گل‌دهی باعث کاهش دوام سطح برگ و در نتیجه کاهش سطح آن شده است. هم‌چنین کاهش فاصله نشاءکاری و نزدیک شدن بوته‌ها به یکدیگر احتمالاً از طریق افزایش شاخص سطح برگ و تولید ماده خشک موجب افزایش عملکرد می‌-

شود.

LWR نسبت وزن خشک بافت‌های فتوسنتزکننده به وزن خشک کل بافت‌های تنفس‌کننده را نشان می‌دهد. در واقع، LWR بالا نشان‌دهنده پربرگی گیاه می‌باشد. بیشترین و کمترین LWR به‌ترتیب در آبیاری 15 روزه با 0/4947 مترمربع بر گرم و آبیاری هر روزه با 0/4938 مترمربع بر گرم مشاهده شد. در بین فواصل کاشت، فاصله کاشت 15×30 سانتی‌متر با 0/4946 مترمربع بر گرم بیشترین و فاصله کاشت 20×30 سانتی‌متر با 0/4941 مترمربع بر گرم کمترین LWR را داشتند. در اثر متقابل آبیاری تناوبی و فاصله کاشت، آبیاری هشت روزه و فاصله کاشت 15×30 سانتی‌متر با 0/4955 مترمربع بر گرم دارای بیشترین LWR و آبیاری هشت روزه و فاصله کاشت 20×30 سانتی‌متر با 0/4934 مترمربع بر گرم دارای کمترین LWR بودند (جدول 4). به نظر می‌رسد که کاهش آبیاری با کمبود رطوبت خاک و توقف افزایش اندازه سلول، بسته شدن روزنه‌ها و کاهش فتوسنتز در نهایت، علاوه‌بر کاهش تولید ماده خشک، کاهش LWR را موجب گردیده است.

میزان آب مصرفی یکی از شاخص‌های مهم کاشت برنج می‌باشد. آبیاری هر روزه با 6115 متر مکعب در هکتار بیشترین و آبیاری 15 روزه با 4785 متر مکعب در هکتار کمترین میزان آب مصرفی را داشتند. در بین فواصل کاشت، 25×25 سانتی‌متر بیشترین (5978 متر مکعب در هکتار) و 20×20 کمترین میزان آب مصرفی (5139 متر مکعب در هکتار) را ایجاد نمود. در اثر متقابل دو فاکتور، آبیاری هر روزه و فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر با 6345 متر مکعب در هکتار بیشترین آب مصرفی و آبیاری 15 روزه و فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر (4128 متر مکعب در هکتار) کمترین مقدار را داشتند. به‌عقیده سعادتی و فلاح (Saadati & Fallah, 1995) یکی از روش‌های موجود برای کاهش مصرف آب در کشت برنج، قطع موقت آبیاری و تغییر روش آبیاری از حالت سنتی و روش غرقاب دائم به‌روش آبیاری متناوب با اعمال فاصله آبیاری مناسب می‌باشد، ولی همواره اعمال فاصله آبیاری مناسب که ضمن کاهش مصرف آب تغییری در عملکرد ایجاد نکند، مسئله مهمی بوده است. بنابراین، آبیاری تناوبی در زراعت برنج نه تنها باعث کاهش مصرف آب و افزایش بهره‌وری آن می‌گردد، بلکه با گسترش سیستم ریشه‌ای باعث جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و در نتیجه افزایش میزان محصول در واحد سطح می‌گردد (Pirmoradian & Kamgar Haghighi, 2000). بومان (Bouman, 2007) نیز نتیجه گرفت که با اعمال مدیریت صحیح آب می‌توان اولاً مانع کاهش عملکرد شد و ثانیاً در مصرف آب صرفه‌جویی نموده و بهره‌وری آب را افزایش داد. علاوه‌براین، افزایش تراکم ضمن بالا بودن هزینه نشاءکاری، به‌دلیل تولید پنجه کمتر در بوته باعث کاهش تولید ماده خشک و عملکرد می‌شود، امّا در هر صورت با افزایش تراکم و بالا رفتن تعداد بوته در واحد سطح، تولید ماده خشک و به تبع آن عملکرد افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، با افزایش فاصله کاشت و کاهش تراکم میزان بهره‌وری کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه امیری و همکاران (Amiri et al., 2011b) نیز مؤید تأثیر تراکم کاشت بر بهره‌وری آب می‌باشد.

نتیجه‌گیری

لزوم برنامه‌ریزی دقیق برای استفاده بهینه از منابع آبی موجود برای دستیابی به کشت پایدار ضروری است. به‌طور کلی، نتایج این مطالعه نشان داد که اعمال تیمارهای آبیاری تناوبی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد برنج داشت و میزان کاهش صفات مورد مطالعه بسته به زمان انجام آبیاری غرقابی در مرحله رشدی گیاه متفاوت بود. بررسی فواصل کاشت مختلف نشان داد که فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر بهترین شرایط را برای گیاه برنج در شدت تنش‌های مختلف ایجاد نمود. فاصله کاشت 25×25 سانتی‌متر نیز ضعیف‌ترین شرایط را برای گیاه ایجاد نمود. در تراکم پایین، رقابت بین ردیف‌ها (برون بوته‌ای) و حتی درون‌بوته‌ای تا زمان گل دهی و تشکیل دانه کمتر بوده و پس از این مرحله، رقابت زیادی جهت مواد فتوسنتزی در بذور پانیکول ایجاد می‌گردد و باعث پوکی دانه می‌شود. بنابراین، جهت دستیابی به سرعت رشد مناسب فاصله کاشت 20×20 سانتی‌متر مناسب می‌باشد. نتایج نشان داد که آبیاری هر روزه بیشترین شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول را دارا بود. بر این اساس، به نظر می‌رسد اصلاح ارقامی از برنج که در شرایط آبیاری تناوبی عملکرد قابل قبولی تولید کنند، یکی از نیازهای اصلاحی در این زمینه بوده که باید مورد توجه قرار گیرد که این امر می‌تواند به‌طور ویژه‌ای عملکرد و میزان مصرف آب و به تبع آن کارآیی مصرف و بهره‌وری آب را تحت تأثیر قرار دهد. هم‌چنین انتخاب تراکم مناسب کاشت، راهکار مدیریتی مناسبی برای دستیابی به عملکرد اقتصادی پایدار به‌ویژه در شرایط محدودیت آب می‌باشد. علاوه‌براین، کاهش فواصل نشاءکاری از طریق افزایش هزینه تولید و کاهش درآمد اقتصادی و

افت بازده انرژی مقرون‌به‌صرفه نمی‌باشد. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود انتخاب تراکم مناسب کاشت و مدیریت آبیاری را به‌عنوان راهکاری زراعی در راستای تأمین امنیت غذایی و پایداری تولید مد نظر قرار داد.

References

Abdi, P., 2003. Evaluation of economic yield of smallwater supplying structure in agriculture. Journal of Soil and Water 19: 301-302. (In Persian with English Summary)

Amiri, E., Razavipour, T., and Bannayan, M., 2011a. Evaluation of yield and water productivity in rice under irrigation management and plant density with use $ORYZA_{2000}$ model. Electronic Journal of Crop Production 4(3): 1-19. (In Persian with English Summary)

Amiri, E., Razavipour, T., Farid, A., and Bannayan, M., 2011b. Effects of crop density and irrigation management on water productivity of rice production in Northern Iran: Field and modeling approach. Communications in Soil Science and Plant Analysis 42(17): 2085-2099.

Asadi, R., Rezaei, M., and Moatamed, M.K., 2004. A simple procedure to mitigate drought condition in Mazandaran paddy field. Journal of Drought and Aridity 14: 87-91.

Asadi, R., Shahin, P., and Ahmadi, R., 2003. Introducing new methods of rice irrigation in China. Journal of the Dryness and Agricultural Drought 13: 13-21.

Asghar, A., Tanveer, A., Choudhry, M.A., Sohail, R., and Akram, M.M., 2001. Growth and yield response of rice bean (*Vigna umbellata*) to different seeding rates and planting patterns. Pakistan Journal of Biological Sciences 4(4): 460-461.

Ashoouri, M., and Amiri, E., 2011. Water use efficiency in rice hybrid under different water intervals and nitrogen levels. Journal of American Scientist 7: 238-343.

Baloch, A.W., Soomro, A.M., Javed, M.A., Ahmad, M., Bughio, H.R., and Bughio, M.S., 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oriza sativa* L.). Asian Journal of Plant Science 1(2): 114-116.

Belder, P., Bouman, B.A.M., Spiertz, J.H.J., Cabangon, R., Guoan, L., Quilang, E.J.P., Yuanhua, L., and Tuong, T.P., 2004. Effect of water and nitrogen management on water use and yield of irrigated rice. Agricultural Water Management 65: 193-210.

Bouman, B.A.M., 2007. A conceptual framework for the improvement of crop water productivity at different spatial scales. Agricultural Systems 93: 43-60.

Bouman, B.A.M., Feng, L., Tuong, T.P., Wang, G., and Feng, H., 2007. Exploring options to grow rice under watershort conditions in northern China using a modelling approach. II. Quantifying yield, water balance components, and water productivity. Agricultural Water Management 88: 23-33.

Chamara, B.S., Marambe, B., and Chauhan, B.S., 2017. Management of *Cleome rutidosperma* DC. using high crop density in dry-seeded rice. Crop Protection 95: 120-128.

Chauhan, B.S., and Johnson, D.E., 2011. Ecological studies on *Echinochloa crus-galli* and the implications for weed management in direct-seeded rice. Crop Protection 30: 1385-1391.

Clerget, B., Buenob, C., Domingob, A.J., Layaoenb, H.L., and Vialb, L., 2016. Leaf emergence, tillering, plant growth, and yield in response to plant density in a high yielding aerobic rice crop. Field Crops Research 199: 52-64.

Counce, P.A., Moldenhaure, K.A.K., and Marx, D.B., 1989. Rice yield and plant yield variability responses to equidistant spacing. Crop Science 29: 175-179.

Dhingra, K.K., Dhillon, M.S., Grewal, D.S., and Sharma, K., 1991. Performance of maize and mungbean intercropping in different planting patterns and row orientations. Indian Journal of Agronomy 36: 207-212.

Eydizadeh, K., Mahdavi Damghani, A., Sabahi, H., and Soufizadeh, S., 2010. Effects of Integrated application of biofertiliser and chemical fertilizer on growth of maize (*Zea mays* L.) in Shushtar. Journal of Agroecology 2(2): 292-301. (In Persian with English Summary)

Fagad, S.O., and De Datta, S.K., 1971. Leaf area index, tillering capacity and grain yield of tropical rice as affected by plant density and nitrogen level. Agronomy Journal 63: 503-506.

Ghobadi, M., Jahanbin, S., Motalebi Fard, R., and Parvizi, K., 2011. The effect of biological phosphate fertilizers to yield and yield components of potato. Sustainable Agriculture and Production Science 21(2): 117-130. (In Persian with English Summary)

Grant, R.F., Jackson, B.S., Kiniry, J.R., and Arkin, G.F., 1989. Water deficit timing effects on yield components in maize. Agronomy Journal 81: 61-65.

Grigg, B.C., Beyrouty, C.A., Norman, R.J., Gbur, E.F., Hanson, M., and Wells, B.R., 2000. Rice responses to changes in floodwater and N timing in southern USA. Field Crops Research 66: 73-79.

Habibzadeh, Y., Mamghani, R., and Kashani, A., 2006. Effects of plant density on grain yield and some morpho-physiological traits in three mungbean (*Vigna radiate* L.) genotypes under Ahvaz conditions. Iranian Journal of Crop Science 8(1): 66-78. (In Persian with English Summary)

Habibzadeh, Y., Mamghani, R., and Kashani, A., 2006. Effects of plant density on grain yield and some morpho-physiological traits in three mungbean (*Vigna radiate* L.) genotypes under Ahvaz conditions. Iranian Journal of Crop Science 8(1): 66-78. (In Persian with English Summary)

Hoseini Monfared, R., Moradi, M., and Madandost, M., 2011. Comparison of flooding and alternating irrigation in rice cultivation. Agricultural Management Conference, Jahrom, Iran. (In Persian)

IRRI (International Rice Research Institute). 2005. Changes in rice farming in selected areas of Asia. Los Baños, Philippines.

Johnson, D.E., Lee, P.G., and Wilmam, D., 1991. Experiments with upland rice in southern Belize: Fertilizer application, weed control, plant spacing, sowing rate and variety. Journal of Agricultural Science, Cambridge 116: 201-215.

Jones, D.B., and Snyder, G.H., 1987. Seeding rate and row spacing effects on yield and yield components of drill-seeded rice. Agronomy Journal 79: 623-627.

Katozi, M., Rahim Zadeh Khoei, F., and Sabori, H., 2007. Effect of irrigation management on grain filling rate and relative water content of three rice cultivars. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 47: 623-627.

Lebaschy, M.H., and Sharifi, E., 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. Pajouhesh and Sazandegi (65): 65-75. (In Persian with English Summary)

Makara, O., Basnayake, J., Tsubo, M., Fukai, S., Fisher, K.S., Cooper, M., and Nesbitt, H., 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. Field Crops Research 1: 48-58.

Miri, H.R. 2009. Grain yield and morphophysiological changes from 60 years of genetic improvement of wheat in Iran. Experimental Agriculture 45: 149-163.

Mohammadian, M., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H., and Yanegh, A.J., 2013. Morphological and physiological evaluation of intercropping of three elite sesame. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 685-693. (In Persian with English Summary)

Mostafavi, M.J., 2014. The effect of chemical and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mashhad climate condition. MS.c. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Nahvi, M., Allahgholipour, M., Ghorbanpour, M., and Mehrgan, H., 2004. The effective of planting density and nitrogenous fertilizer rate for GRH_1 rice hybrid. Pajouhesh and Sazandegi (66): 33-38. (In Persian with English Summary)

Oozooni Doji, A., Esfahani, M., Samee Zadeh Lahiji, H., and Rabiee, M., 2008. The effect of planting pattern and plant density on the growth and radiation use efficiency of two cultivars of without petals and with petals rapeseed. Iranian Journal of Field Crop Science 9(4): 382-400. (In Persian with English Summary)

Pervaiz, A., Qayyum, A., and Akhtar, M.R., 1984. Economically optimal plant density at different levels of fertilizer use for irrigated rice in the Punjab Journal Agricultural Research 5(2): 71-77.

Pirmoradian, N., and Kamgar Haghighi, A.A., 2000. Rice water requirement and crop coefficient in Koshkak region in Fras. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource15: 21-25. (In Persian with English Summary)

Raee, Y., Ghasemi Golozaani, A., Javanshir, A., Aliyaari, H., and Mohammadi, A., 2008. Effect of plant density on intercropping of soybean and sorghum. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources 12(45): 35-44. (In Persian with English Summary)

Rezaei, M., and Nahvi, M., 2005. Effects of different irrigation managements on rice water use efficiency in Guilan. Proc. of the 9th Soil Science Conference, Karaj, Iran. (In Persian)

Rezaei, M., and Nahvi, M., 2007. Effect of different irrigation management methods on water use efficiency and

rice yield. Journa of Agricultural Science 1(9): 15-25. (In Persian with English Summary)

Saadati, N., 1996. Effect of drought stress on yield and water consumption at different stages of rice. Research Report, Iran Rice Research Institute Press, 18 p. (In Persian)

Saadati, N., and Fallah, V.M., 1995. Water Management in Rice Fields. Iran Rice Research Institute Press, 21 p. (In Persian)

Saberali, F., Sadat Nouri, S.A., Hejazi, A., and Zand, E., 2007. Influence of plant density and planting pattern of corn on its growth and yield under competition with common lambesquarterrs (*Chenopodium album*). Journal of Research Production 74: 143-152.

Shahin Rokhsar, P., Sharifi, N., Yaghobi, B., Kavosi, M., and Shakorirad, H., 2011. Effect of irrigation time and nitrogen level on rice yield (cv. Hashemi). Research Report, Iran Rice Research Institute, Rasht, Iran. (In Persian)

Soleimani, A., and Amiri Larijani, B., 2003. Rice Production Principles. Arvij Press, 303 p. (In Persian)

Surajit, K., and Datta, D. 1981. Principles and practices of rice production. John Wiley and Sons. Inc. Singapore. 618 pp.

Tabbal, D.F., Lampayan, R.M., and Bhuiyan, S.I., 2002. Water-efficient irrigation technique for rice. In: Murty, V.V.N., and Koga, K. (Eds.), Proc. of the International Workshop on Soil and Water Engineering for Paddy Field Management, 28-30 January, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.

Tarigholeslami, M., Zarghami, R., Mashhad, M., Bojar, A., and Oveisi, M., 2012. Effect of nitrogen fertilizer and water deficit stress on physiological indices of corn (*Zea mays* L.). Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(1): 161-174. (In Persian with English Summary)

Tuong, T.P., 1999. Productive water use in rice production: Opportunities and limitations. Journal of Crop Production 2: 241-264.

Van Iersel, M.W., 2000. Growth and maintenance respiration of *Catharanthus roseus* L. estimated from CO_2 exchange. Journal of American Society of Horticulture Science Acta Horticulture 519: 133-140.

Van Iersel, M.W., and Seymour, L., 2000. Growth respiration, maintenence respiration and carbon fixation of vinca: a time series analysis. Journal of American Society of Hotriculture Science 125(6): 702-706.

Yang, X., Bouman, B.A.M., Wang, H., Wang, Z., and Zhao, J., 2005. Performance of temperate aerobic rice under different water regimes in North China. Agricultural Water Management 74: 107-122.

Yoshida, S., 1975. Factors that limit the growth andyields of upland rice. pp. 46-71. In: Major Research in Upland Rice, IRRI, Los Baños, Philippines.

Zafarian, F., Agha Alikhani, M., Rahimian Mashhadi., H., Zand, E., and Rezvani, M., 2009. Study of growth and yield of intercropping of maize and soybean in the competition with two weed of pigweed and cocklebur. Iranian Journal of Weed Science 5: 107-125. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 37-54

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 54-37

Effects of Rotation Irrigation and Planting Distance on Rice Growth Indexes under Gilan Province Climate Conditions

K. Sabokrow Foomani[1], S. Sayf Zadeh[2*], F. Ali Nia[3], .S. A. Valad Abadi[4], M.R. Yazdani[5]
Submitted: 21-08-2018
Accepted: 07-11-2018

Sabokrow Foomani, K., Sayf Zadeh, S., Ali Nia, F., Valad Abadi, .S.A., and Yazdani M.R. 2020. Effects of Rotation Irrigation and Planting Distance on Rice Growth Indexes under Gilan Province Climate Conditions... Journal of Agroecology 12 (1):37-54.

Introduction

Rice is a global important food and in Asia alone is the source of food for 3.5 billion people. Such demand for rice imposes a plan to find new technology and approaches to replace old production methods. About 75% of global rice production is practiced on low lands. At field scale, rice compared to other plants receive two or three times more water and based on some calculations, about 34-43 percentage of global irrigation water or 24-30 percentage of drinking water consumed by rice plant. In this situation, the most important challenge with regard to rice production, water storage, increased water productivity and rice production is less than water. Recently, rice production systems such as rice alternate irrigation, where less water can be produced, has been considered as rice increasing demand for water in industry and cities have imposed the reduction of water consumption for agriculture. Rice is one of the most sensitive plants against water scarcity as a floodplain plant and has the most need for water in the cereals. Rice has the highest crop area than other irrigated plants.

Materials and Methods

This experiment was conducted as split-plot, using irrigation as main-plot at five levels (full irrigation, irrigation at ever 5, 8, 10, and 15 days), and planting distance as sub-plot at four levels (20x20, 25x25, 30x15, and 30x20 cm) within format of random complete block design with three replications. The study was performed in two years (2016-17, 2017-18) in national rice research center. Soil samples were taken to determine the soil tissue, soil water holding capacity, and some chemical characters including EC, PH, and amount of Ca, Na, and Mg. Within firs 15 days after transplanting, the rotation irrigation was not employed so the plant be able to establish in the field. The plowing was performed in two times. The first plow in the late autumn and early winter and the second plow were perpendicular to the first plowing in the spring. Fertilization was done based on long term local practice. Transplanting was done in may, 15 and at this time transplants were 20-25 cm height carrying 4-5 leaves. All traits including stem and leaf dry matter, leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), net assimilation rate (NAR), leaf area ration (LAR), relative growth rate (RGR) and specific leaf area (SLA) were measured and calculated. SAS and SPSS software's were used for analysis of variance. Excel software was used for drawing slices.

Results and discussion

ANOVA results showed that interaction of irrigation and planting distance were significantly ($P <= 0.01$) affected leaf and stem dry matter, LDW, TDW and CGR Individual effects of each treatment significantly affected the LAI and NAR but did not affect LAR, LWR, RGR, and SLA. As light absorption i a limiting factor in crops production, then where is no other environmental stress, increasing light absorb will increase crop production. In contrast to other crops light capture competitions a major issue for rice. Increasing panting density, vegetative growth and LAI would be lower and as planting density decreases, due to availability more spaces, both vegetative growth ad LAI increased.

1-2- Ph.D. student and Assistant Professor of Islamic Azad University, Takestan Branch, Iran.
3- Assistant Professor Rice Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran.
(* -Corespanding Author Email: saeedsayfzadeh@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i1.74890

Conclusion

In general, this study results showed that rotation irrigation significantly affected the rice growth indexes, and reduction levels of study traits depends on irrigation timing at growth stage. Planting distances showed that planting at 20x20 cm, provided the most optimum conditions for rice plants under different stress, the worst conditions resulted in 25x25 cm planting distance. At lower planting density, due to lower competition between plants till flowering time but after this stage, competition for photosynthetic materials increased among the seeds which can result in small dead seeds.

Keywords: Competition, Growth rate, Water use efficiency, Water productivity

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 55-69

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 69-55

ارزیابی بلندمدت تغییرات فشرده‌سازی با استفاده از شاخص تراکم زراعی در بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران (1341 تا 1390)

مجیدرضا کیانی[1]، علیرضا کوچکی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[2] و احمد زارع فیض‌آبادی[3]

تاریخ دریافت: 1397/03/19
تاریخ پذیرش: 1397/06/05

کیانی، م.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و زارع فیض‌آبادی، ا. 1399. ارزیابی بلندمدت تغییرات فشرده‌سازی با استفاده از شاخص تراکم زراعی در بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران (1341 تا 1390). بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 69-55.

چکیده

فشرده‌سازی به‌عنوان مهم‌ترین عامل در افزایش تولیدات کشاورزی شناخته شده است. یکی از شاخص‌های کاربردی در تعیین میزان فشرده‌سازی استفاده از شاخص تراکم زراعی است. این تحقیق با استفاده از داده‌های سطح زیر کشت و اقلیمی مربوط به دوره 50 ساله 1341تا 1390 به بررسی روند تغییرات فشرده‌سازی در محصولات مهم زراعی (شامل گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، برنج (*Oryza sativa* L)، ذرت (*Zea mays* L.) سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.)، شبدر (*Trifolium* sp.)، محصولات جالیزی، حبوبات، سبزیجات، چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) و پنبه (*Gossypium arboreum* L.) با جمع‌آوری داده‌های سطح زیر کشت و تولید و داده بارندگی در همه استان‌های کشور پرداخته است. تجزیه و تحلیل اطلاعات نشان داد که روند تغییرات سطح زیر کشت رو به کاهش بود. بر اساس میانگین میزان تراکم زراعی کل کشور در سال 1350، 1382 و 1390 به‌ترتیب 9/26، 8/84 و 8/80 ماه و میانگین سه سال8/94 ماه بود. کمترین میزان شاخص تراکم زراعی در سال 1350 متعلق به استان‌های ساحلی جنوب (هرمزگان و بوشهر) و مازندران به‌ترتیب با میانگین 5/98 و 6/33 ماه و در سال 1382 به استان‌های گیلان و مازندران به‌ترتیب با مدت پوشش 5/72 و 6/62 ماه بود و در سال 1390 نیز کمترین میزان این شاخص به گیلان و استان‌های ساحلی جنوب به‌ترتیب با مدت پوشش 5/63 و 6/3 ماه تعلق داشت. با توجه به اینکه در اکثر مناطق کشور بیش از نیمی از سطح زیر کشت به گندم اختصاص دارد و از طرفی مدت زمانی که گندم در روی زمین باقی می‌ماند جزء طولانی‌ترین‌ها در بین محصولات زراعی می‌باشد، لذا سطح زیر کشت گندم مهم‌ترین سهم را در تعیین شاخص تراکم زراعی (یا پوشش زراعی) ایفا می‌کند، از طرفی در مناطق شمال غربی به‌دلیل شرایط اقلیمی و سردتر بودن، مدت زمانی که غلات و به‌ویژه گندم در روی زمین قرار دارند نیز بیشتر می‌باشد و دلیل اصلی بالاتر بودن شاخص تراکم زراعی در این مناطق، مدت زمان حضور گندم در سطح زمین می‌باشد و در همه سال‌ها، خراسان جزء مناطقی با بالاترین میزان تراکم زراعی بوده است، به‌طوری‌که در هیچ دوره این مقدار کمتر از 11 نبوده که نشان‌دهنده ثبات در تولید محصولات زراعی در این استان است. بررسی تراکم زراعی در بوم‌زیست‌های زراعی کشور نشان داد که برخلاف انتظار، در مناطق دارای بارندگی بیشتر به‌دلیل کشت محصولاتی مانند برنج، مدت پوشش زمین به‌نسبت کمتر بوده و مدت زمانی طولانی در سال زمین بدون کشت بوده و لذا تغییر الگوی کاشت در این مناطق ضروری می‌باشد و می‌توان با وارد کردن گیاهانی مانند بقولات و یا حبوبات، از شرایط اقلیمی این مناطق برای افزایش تولید و تأمین امنیت غذایی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آیش، الگوی کشت، امنیت غذایی

مقدمه

در آینده قابل پیش‌بینی، هنوز گیاهان مهم‌ترین منبع تأمین‌کننده

1- استادیار پژوهش در بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، دانشجوی دکتری سابق گروه اگروتکنولوژی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

2- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

3- استاد سازمان تحقیقات ،آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

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

Doi:10.22067/jag.v12i1.74695

غذای مورد نیاز انسان خواهند بود و با توجه به افزایش سریع تقاضا برای مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه، در طی 20 سال آینده نیاز به مواد غذایی به‌شدت افزایش خواهد یافت، بنابراین گسترش اراضی زیر کشت و افزایش بازده تولید از طریق بهبود سیستم‌های مدیریت محصولات زراعی شامل اصلاح نباتات، بهبود روش‌های خاک‌ورزی، کوددهی، کنترل آفات، بیماری و علف‌های هرز و هم‌چنین مدیریت آب و آگاهی از ارتباط بین رشد جمعیت، تولید غذا و محیط زیست برای تأمین پایدار غذای مورد نیاز ضروری می‌باشد (Borlaug, 2007). فشرده‌سازی بیشترین سهم را در توسعه کشاورزی در کشورهای مختلف به‌ویژه کشورهای درحال‌توسعه دارد، البته این فرایند اثرات متعدد اجتماعی و زیست‌محیطی را به همراه دارد (Dahal et al., 2009).

دولت‌ها و نهادهای بین‌المللی فشرده‌سازی را شرط لازم برای رشد اقتصادی مناسب در کشورهای درحال‌توسعه دانسته‌اند. تأکید اصلی در فشرده‌سازی کشاورزی بر تولید و بازده اقتصادی است که بیشترین اهمیت را برای کشاورزان به‌ویژه در کشورهای کمتر توسعه‌یافته و درحال‌توسعه دارد (Dahal et al., 2009).

تاکنون تعریف واحدی برای فشرده‌سازی[1] از سوی محققین ارائه نشده است و بسته به سیستم کشاورزی تعاریف متعدد و متنوعی برای آن وجود دارد (Boserup, 1966) در یک تعریف جامع برای فشرده‌سازی، محققان الگوی کشت محصولات زراعی و ورودی‌ها و خروجی‌ها به سیستم و بازه زمانی را مد نظر قرار داده‌اند (Turner & Doolittle, 1978). بنابراین تعریف فشرده‌سازی وابستگی زیادی به موضوع مورد بررسی و منظری که از آن به موضوع پرداخته می‌شود دارد (Dahal et al., 2009). رادل و همکاران (Rudel et al., 2009) فشرده‌سازی را تحت تأثیر دو عامل متضاد دانسته‌اند که یکی باعث افزایش و دیگری باعث کاهش سطح اراضی می‌شود، در ابتدا تولید فشرده و عملکرد و درآمد بیشتر را برای کشاورزان به همراه دارد و در نتیجه کشاورزان را به گسترش سطح زیر کشت تشویق می‌کند، امّا اگر این افزایش تولید با افزایش تقاضا همراه نباشد منجر به کاهش قیمت و در نتیجه کاهش انگیزه کشاورزان برای توسعه بیشتر می‌شود (Rudel et al., 2009).

در نپال نوعی تعریف کاربردی برای فشرده‌سازی در کشاورزی به‌کار برده شده است، که شامل افزایش تعداد محصولات زراعی در واحد سطح در یک فصل زراعی، همراه با روند تغییرات مواد شیمیایی بر ای بهبود عملکرد گیاه می‌باشد (Dahal et al., 2009).

یکی از شاخص‌های مهم به‌وسیله بوسرپ (Boserup, 1966) ارائه شده است. در این تعریف فشرده‌سازی کشاورزی عبارت است از افزایش کاشت محصولات زراعی در دوره مشخص در یک سیستم کشاورزی؛ این ایده از آن‌جا منشا گرفته است که در کشاورزی قبل از صنعتی شدن تنها راه افزایش محصول زراعی در یک سال افزایش تعداد دفعات کاشت محصولات مهم بوده است. این مفهوم بعداً به‌وسیله سایر محققان با اضافه کردن تفاوت‌های طول دوره آیش و کاشت محصولات زراعی جامع‌تر شد (Turner & Doolittle, 1978).

در تحقیقات متعددی، از بسامد محصولات که بیانگر میزان بهره‌برداری از اراضی می‌باشد به‌عنوان شاخص فشرده‌سازی استفاده شده است. بهترین حالت برای استفاده از بسامد محصولات زراعی به‌عنوان شاخص ارزیابی فشرده‌سازی در وضعیتی است که مزارع مورد بررسی از نظر سیستم کشاورزی و تکنولوژی‌های مورد استفاده شرایط یکسانی داشته باشند (Netting, 1993). بسامد محصولات زراعی به‌عنوان شاخصی برای ارزیابی فشرده‌سازی استفاده شده است (Boserup, 1981).

پنج گروه برای کاربری‌های کشاورزی اراضی به‌صورت ذیل مشخص شده است (Boserup, 1966):

آیش[2] طولانی‌مدت: در این گروه زمین مورد نظر برای یک تا دو سال کشت شده و سپس برای سالیان متمادی (حداقل 25 سال) رها می‌شود تا جنگل قدرت بازسازی خویش را داشته باشد.

آیش میان‌مدت: دوره آیش بعد از کشت محصول بین شش تا 10 سال است.

آیش کوتاه‌مدت: دوره آیش پس از کشت محصول یک سال است که در این مزارع تنها علف‌های وحشی قدرت رشد قبل از کشت مجدد محصول را دارند.

کشت سالانه[3]: دراین اراضی مدت زمان آیش تنها به فاصله بین برداشت گیاه موجود تا کاشت گیاه جدید محدود می‌شود که عمده کشت محصولات زراعی مورد نیاز بشر به این صورت است.

کشت چند محصول در سال: فشرده‌ترین سیستم کشاورزی در

1- Intensification

2- Fallow

3- One year cropping

این تقسیم‌بندی است که در آن در یک قطعه مشخص دو یا چند محصول کاشته می‌شود و دوره بین برداشت تا کاشت محصول جدید بسیار کوتاه می‌باشد.

بسامد محصولات زراعی عبارت است از: نسبت اراضی کشت شده به مجموع اراضی کشت شده و آیش در سال بر حسب درصد که این مقدار برای پنج گروه فوق به‌ترتیب بین صفر تا 10، 10 تا 40، 40 تا 80، 80 تا 100 و 200 تا 300 درصد می‌باشد (Boserup, 1981). تعریف دیگر برای بسامد محصولات زراعی ارائه شده که عبارت است از نسبت مجموع تعداد سالهای کشت به‌علاوه آیش به تعداد سال‌های کشت (FAO., 1984).

در طی چند دهه گذشته آن‌چه رخ داده، افزایش استفاده از نهاده‌های ورودی مختلف به مزارع برای افزایش تولید و گسترش سطح زیر کشت و در نتیجه افزایش غیرپایدار فشرده‌سازی بوده است، که این امر علاوه‌بر ناپایدار ساختن سیستم تولید محصولات کشاورزی به تخریب سایر منابع طبیعی از جمله مراتع و جنگل‌ها منجر شده است (Velayati & Kadivar, 2006).

هدف از این مطالعه، بررسی فشرده‌سازی در کشاورزی ایران در طی 50 سال گذشته (1390- 1341) در استان‌های مختلف کشور به‌منظور تعیین فرصت‌ها برای توسعه کشت یا افزایش بهره‌وری در استفاده از اراضی در تولید محصولات زراعی با کمک شاخص تراکم زراعی بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی روند تغییرات تراکم زراعی، تنوع زراعی و پایداری در تولید محصولات کشاورزی، داده‌های آماری 15 متغیر کشاورزی شامل سطح زیر کشت محصولات زراعی و میزان بارندگی به‌تفکیک استان‌های کشاورزی برای دوره 50 ساله 1341 تا 1390 از سال‌نامه آماری، پایگاه داده‌های وزارت کشاورزی، اطلاعات مرکز آمار ایران شدند.

به‌منظور بررسی وضعیت کاربری اراضی زراعی و جنبه‌ای از فشرده‌سازی که شامل پوشش سطح زمین با گیاهان زراعی یک‌ساله می‌باشد، از شاخص تراکم زراعی استفاده شد. این شاخص مدت زمانی را که زمین‌های کشاورزی از محصولات زراعی پوشیده هستند را محاسبه می‌نماید به این منظور از روش دیال (Dial, 1978) استفاده شد. ابتدا اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت محصولات زراعی مهم یک‌ساله شامل گندم، جو، برنج، ذرت، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، شبدر، محصولات جالیزی، حبوبات، سبزیجات، چغندرقند و پنبه برای سه سال 1350، 1382و 1390 گردآوری شد، در مرحله بعد طول مدت زمان رشد هر محصول به‌تفکیک استان‌ها از منابع مختلف گردآوری شد، سپس بر اساس معادله 1 مقدار شاخص تراکم زراعی برای هر استان محاسبه شد.

$$CI = \frac{\sum_{i=1}^{n} a_i * t_i}{A}$$ معادله (1)

در این معادله، a: سطح زیر کشت، t: مدت زمان اشغال زمین i: میزان محصول می‌باشد و A: مجموع سطح زیر کشت همه محصولات در استان مورد نظر است.

کلیه محاسبات آماری، برازش معادله‌های رگرسیون، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارها در محیط Excel 2013 و به‌کمک نرم‌افزار آماری XLSTAT 2014 انجام شد.

نتایج و بحث

میانگین تراکم زراعی کل کشور در سال 1350، 1382 و 1390 به‌ترتیب 9/26، 8/84 و 8/80 ماه و میانگین سه سال 8/94 محاسبه شد. در تحقیقی شاخص تراکم زراعی را بر اساس نسبت سطح محصولات یک‌ساله به کل محصولات برای همه استان‌های ایران 0/8 محاسبه شد (Koocheki, 2004) که برای 12 ماه سال معادل 9/6 بود. در سال1350 بالاترین میزان شاخص تراکم زراعی به استان‌های آذربایجان شرقی، غربی و خراسان (رضوی، شمالی و جنوبی) تعلق داشت (شکل 1). میانگین این شاخص برای این سه استان در سال 1350، 11/6 ماه بود. در سال 1382 و 1390 سه استان آذر بایجان شرقی، اردبیل و آذربایجان غربی با میانگین تراکم زراعی 10/95 و 10/99 ماه بالاترین شاخص تراکم زراعی را به خود اختصاص دادند (شکل‌های 2 و3)

در ایران دو نظام اصلی محصولات زراعی در کشور وجود دارد، یکی نظام مبتنی بر گندم و دیگری مبتنی بر برنج (Koocheki et al., 2004).

شکل 1- تراکم زراعی (مجموع اراضی آبی و دیم) در استان‌های مختلف برای سال 1350 شمسی

Fig. 1- The crop density (total irrigated land and dry land) in different states in 1971

شکل 2- تراکم زراعی (مجموع اراضی آبی و دیم) در استان‌های مختلف برای سال 1382 شمسی

Fig. 2- The crop density (total irrigated land and dry land) in defferent states in 2003

شکل 3- تراکم زراعی (مجموع اراضی آبی و دیم) در استان‌های مختلف برای سال 1390 شمسی

Fig. 3- The crop density (total irrigated land and dry land) in different stated in 2011

استان‌های غربی شامل آذربایجان شرقی و غربی و اردبیل با حدود 11 ماه پوشش اراضی از استان‌های شاخص که به‌دلیل شرایط اقلیمی خاص و غالبیت کشت پاییزه و هم غالبیت کشت غلات به‌ویژه گندم دارای بالاترین تراکم زراعی است و استان‌های هرمزگان و بوشهر با تراکم زراعی نزدیک شش و مازندران با تراکم زراعی 6/5 ماه کمترین میزان را داشتند، نکته قابل توجه این است که در سواحل جنوبی پایین بودن تراکم زراعی به‌دلیل اقلیم خشک و گرم و محدودیت فصل رشد از نظر دما و بارندگی است، درحالی‌که در مازندران پایین‌تر بودن تراکم زراعی به‌دلیل غالبیت تناوب مبتنی بر برنج در الگوی کاشت استان‌های پرباران ساحل خزر بوده است. اقلیم و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مبنای شکل‌گیری و اکوسیتم‌های زراعی در جهان می‌باشند (Glisman, 1992). توزیع مکانی دو نظام زراعی در ایران نیز بر مبنای ویژگی‌های اقلیمی کشور استوار است (Koocheki et al., 2004). بارندگی و درجه حرارت مناسب همراه با خصوصیات مطلوب خاک باعث توسعه کشت برنج در استان‌های شمالی شده است و با توجه به این‌که سطح استان مازندران و گیلان نسبت به کل کشور کم می‌باشد، نظام اصلی زراعی کشور را مبتنی بر گندم دانستند. در بسیاری از کشورهای دیگر نیز نظام اصلی زراعی، نظام مبتنی بر گندم می‌باشد (Aleston, 2010). با توجه به اینکه در اکثر مناطق کشور بیش از نیمی از سطح زیر کشت به گندم اختصاص دارد و از طرفی مدت زمانی که گندم در روی زمین باقی می‌ماند، در بین محصولات زراعی جزء طولانی‌ترین‌ها می‌باشد، لذا سطح زیر کشت گندم مهم‌ترین سهم را در تعیین شاخص تراکم زراعی (یا پوشش زراعی) ایفا می‌کند. از طرفی در مناطق شمال غربی به‌دلیل شرایط اقلیمی و سردتر بودن مدت زمانی که غلات و به‌ویژه گندم در روی زمین قرار دارند نیز بیشتر می‌باشد و دلیل اصلی بالاتر بودن شاخص تراکم زراعی در این مناطق مدت زمان حضور گندم در سطح زمین می‌باشد.

کمترین میزان شاخص تراکم زراعی در سال 1350 متعلق به استان‌های ساحلی جنوب (هرمزگان و بوشهر) و مازندران به‌ترتیب با

میانگین 5/98 و 6/33 ماه و در سال 1382 به استان‌های گیلان و مازندران به‌ترتیب با مدت پوشش 5/72 و 6/62 ماه بود. در سال 1390 نیز کمترین میزان این شاخص به گیلان و استان‌های ساحلی جنوب به‌ترتیب با مدت پوشش 5/63 و 6/3 ماه تعلق داشت. به نظر می‌رسد مناطق نیمه‌مرطوب کشور (استان‌های غرب و شمال غربی) که امکان توسعه کشت دیم فراهم می‌باشد در مقایسه با مناطق خشک و نیمه‌خشک تراکم زراعی بالاتری دارند (Koocheki et al., 2004). گزارش‌های مربوط به آسیا نشان می‌دهد که تراکم زراعی در مناطق غربی آسیا دو برابر بیشتر از مقدار این شاخص در آسیای جنوب شرقی است (Wood et al., 2000).

دلیل تغییرات زیاد شاخص تراکم زراعی در استان‌های شمالی به‌ویژه گیلان که از 6/97 ماه پوشش در سال 1350 به 5/72 ماه پوشش در سال 1390 کاهش یافته است، کاهش سطح زیر کشت گندم و افزایش سطح زیر کشت برنج می‌باشد؛ به‌طوری‌که سطح زیر کشت گندم از 26 هزار هکتار در سال 1350 به 10 هزار هکتار در سال 1390 و سطح زیر کشت برنج در این استان در سال 1350 به‌میزان 103 هزار هکتار بوده است که بر اساس آمار وزارت جهاد کشاورزی به‌حدود 180 هزار هکتار در سال 1390 افزایش یافته است و به‌علت آن‌که اراضی برنج در شمال اکثراً در خارج فصل کشت برنج جهت آماده‌سازی برای سال بعد به‌صورت آیش نگهداری می‌شوند، لذا مدت پوشش اراضی زیر کشت برنج در اکثر مناطق حدود پنج ماه می‌باشد و در نتیجه میانگین پوشش اراضی زراعی در این استان کاهش چشمگیری داشته است. بررسی سایر محققان نیز نشان داده که افزایش سهم آیش باعث کاهش شاخص تراکم زراعی می‌شود (Wood et al., 2008)، این محققان میزان شاخص تراکم زراعی برای سوئد[1] را 0/48 اعلام کردند. هم‌چنین محدودیت فصل رشد و دمای پایین در کشورهای اروپایی باعث پایین بودن تراکم زراعی شده است (Koocheki et al., 2004). در مناطق خشک و نیمه‌خشک که آیش سهم مهمی در انتقال رطوبت بین فصول زراعی دارد (Wood et al., 2000)، شاخص تراکم کاهش پیدا می‌کند. گسترش کشت برنج در تناوب با بقولات (حبوبات یا شبدر) در مناطق شمالی می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری از زمین و افزایش شاخص تراکم زراعی در این مناطق شود (Koocheki et al., 2004). در برخی از مناطق هند شرایط اقلیمی امکان کشت متوالی را فراهم کرده و شاخص تراکم زراعی آبی تا سه گزارش شده است (Johansen et al., 2000).

همبستگی بین سطح زیر کشت محصولات اصلی و شاخص تراکم زراعی بر روی داده‌های این سه سال(تعداد 70 مشاهده) نشان داد ضرایب همبستگی تغییرات سطح زیر کشت چهار محصول گندم، برنج، یونجه و چغندرقند با تغییرات شاخص تراکم زراعی[2] به‌ترتیب 0/3244، 0/3078-، 0/5314 و 0/3269 بود که به‌خوبی نشان‌دهنده رابطه منفی سطح زیر کشت برنج با تراکم زراعی می‌باشد.

بر اساس تقسیم‌بندی فائو پهنه‌بندی بوم‌زراعی ایران شامل 10 ناحیه شامل (شمال غرب، خراسان، خشک مرکزی، خشک جنوبی، جنوب زاگرس، زاگرس مرکزی، مرکزی، خوزستان و سواحل جنوبی) می‌شود؛ مقایسه وضعیت تراکم زراعی در این 10 ناحیه نشان داد که دامنه این شاخص در سال 1350 از حداقل 6/9 ماه متعلق به سواحل جنوبی ایران تا حداکثر 11/4 در ناحیه خراسان متغیر بود (شکل 4)، همین مقادیر برای سال‌ها 1382 به‌ترتیب 6/7 و 10 برای سواحل جنوبی و ناحیه شمال غرب و برای سال 1390 به‌ترتیب 6/2 و 10 برای سواحل جنوبی و ناحیه شمال غرب بود (شکل 5 و 6).

کلاستربندی بر اساس شاخص تراکم زراعی در سال 1350 استان‌های مورد بررسی را در سه گروه اصلی قرار داد که گروه اول شامل استان‌های اصفهان، بختیاری، خوزستان، زنجان، سیستان و بلوچستان، کردستان، کرمان، لرستان، مرکزی، همدان و یزد با میانگین شاخص CII 7/82 ماه پوشش و گروه دوم شامل ایلام، سمنان، کهکیلویه و بویراحمد، گیلان، مازندران و استان‌های ساحل جنوبی (بوشهر و هرمزگان) با میانگین تراکم زراعی 6/61 ماه پوشش زمین و هم‌چنین گروه سوم شامل آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، خراسان (شامل خراسان شمالی، رضوی و جنوبی)، فارس و کرمانشاه با میانگین 9/25 ماه پوشش بود (شکل 7). به‌دلیل آن‌که هنوز در استان‌های شمالی کشت گندم نسبت به برنج غالب است، لذا استان‌های شمالی در دسته‌بندی در کنار نظام‌های مبتنی بر گندم قرار می‌گیرند و با وجود آن‌که استان‌های کشور از نظر تراکم زراعی در سه گروه تقسیم‌بندی شده‌اند، ولی هر سه گروه ضریب عدم تشابه کمتر از دو دارند و می‌توان آن‌ها را در یک گروه قرار داد.

1- شاخص تراکم زراعی تنها بر اساس نسبت سطح گیاهان زراعی یک‌ساله به کل گیاهان زراعی تعیین شده است، به همین دلیل کوچک‌تر از یک می‌باشد.

2- Crop intensity

شکل 4- مقایسه وضعیت تراکم زراعی در نواحی بوم‌زراعی ایران در سال 1350

Fig. 4- Mean comparison of crop density composition in Iran's agroecological zone in 1971

شکل 5- مقایسه وضعیت تراکم زراعی در نواحی بوم‌زراعی ایران در سال 1382

Fig. 5- Mean comparison of crop density composition in Iran's agroecological zone in 2003

شکل 6- مقایسه وضعیت تراکم زراعی در نواحی بوم‌زراعی ایران در سال 1390

Fig. 6- Mean comparison of crop density composition in Iran's agroecological zone in 2011

شکل 7- دندروگرام تجزیه کلاستر استان‌های کشور بر اساس شاخص تراکم زراعی سال 1350

Fig. 7- Dendrogram cluster analysis for Iranian provinces based on the density of farming in 1971

مجموع سطح زیر کشت و سهم چهار محصول اصلی در سه کلاستر اراضی زراعی در سال 1350 در جدول 1 آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در سال 1350 بیش از 60 درصد از سطح زیر کشت به گندم تعلق داشته است و لذا محصول اصلی در این سال گندم می‌باشد، از طرفی با وجود نزدیک بودن سهم سطح زیر کشت در این سه دسته، تفاوت آشکاری در بین متوسط شاخص زراعی آن‌ها مشاهده می‌شود، به‌طوری‌که در گروه سوم مقدار این شاخص معادل 25/ 9 ماه می‌باشدکه دلیل آن شرایط اقلیمی استان‌های گروه سوم است، در این گروه استان‌هایی با اقلیم سرد و یا معتدل سرد قرار گرفته‌اند و مدت زمانی که گندم در روی سطح زمین باقی می‌مانده طولانی‌تر بوده و لذا شاخص تراکم زراعی این گروه بالاتر بوده است. از طرفی عدم وجود همبستگی معنی‌دار بین سطح زیر کشت محصولات زراعی و شاخص تراکم زارعی در سال 1350، مؤید آن است که عامل اصلی تعیین‌کننده میزان شاخص تراکم زراعی در سال 1350، مدت حضور غلات و به‌ویژه گندم در سطح اراضی زراعی بوده است.

جدول 1- مجموع سطح زیر کشت و سهم محصولات اصلی زراعی در کلاسترهای شاخص تراکم زراعی برای سال 1350

Table 1- Total cropping area and the share of main crops in clustered crop density index for 1971

گروه Group	تراکم زراعی Crop density	گندم Wheat		یونجه Alfalfa		برنج Rice		جو Barley		سایر محصولات Other crops	
	ماه Month	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)
1	8.71	70	241719	2.76	95532	5.35	55756	17.259	595472	8.31	286754
2	6.61	62.677	11162864	1.06	29881	14.96	277627	13.02	241661	7.72	143295
3	9.25	63.73	1990629	4.72	147436	0.12	3811	18.17	567536	13.2	413724

کلاستربندی استان‌ها بر اساس شاخص تراکم زراعی سال 1382 استان‌ها را در چهار گروه طبقه‌بندی نمود، گروه اول شامل استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی و غربی، خراسان رضوی، فارس و کرمانشاه بود، استان‌های اصفهان، چهار محال بختیاری، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، خوزستان، زنجان، سیستان، کردستان، کرمان، لرستان، مرکزی، همدان و یزد در گروه دوم قرار گرفتند، گروه سوم در بر گیرنده استان‌های ایلام سمنان و کهکیلویه بود و در نهایت استان‌های ساحلی شامل گیلان و مازندران و هرمزگان و بوشهر در گروه چهارم قرار گرفتند (شکل 8). میانگین تراکم زراعی در این چهار گروه به‌ترتیب 9/04، 7/66، 6/66 و 5/36 ماه پوشش زمین بود. مجموع سطح زیر کشت و سهم محصولات اصلی برای سال 1382 در جدول 2 آورده شده است.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004) در سال 1382 شاخص تراکم زراعی آبی را برای ایران 0/74 محاسبه نمودند که تقریباً معادل هشت ماه می‌باشد که عدد محاسبه شده در این بررسی آن را تأیید می‌کند.

کلاستربندی بر اساس شاخص تراکم زراعی و برای سال 1390، استان‌های کشور را در سه گروه طبقه‌بندی نمود، گروه اول شامل اردبیل، آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، چهار محال بختیاری، خراسان رضوی، کرمان و کرمانشاه بودند. استان‌های اصفهان، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، خوزستان، سیستان، فارس، کردستان، مرکزی، همدان و یزد در یک گروه قرار گرفتند و در گروه سوم استان‌های ایلام، زنجان، بوشهر، هرمزگان، سمنان، کهکیلویه و بویراحمد، گیلان، لرستان و مازندران جای گرفتند (شکل 9). که میانگین شاخص تراکم زراعی برای این سه دسته به‌ترتیب 8/65، 7/66 و 6/1 ماه بودند (جدول 3).

Dissimilation level =2

شکل 8- دندروگرام تجزیه کلاستر استان‌های کشور بر اساس شاخص تراکم زراعی سال 1382

Fig. 8- Dendrogram cluster analysis for Iranian provinces based on the density of farming in 2008

جدول2- مجموع سطح زیر کشت و سهم محصولات اصلی زراعی در کلاسترهای شاخص تراکم زراعی برای سال 1382

Table 2- Total cropping area and the share of main crops in clustered crop density index for 2003

گروه Group	تراکم زراعی Crop density	گندم Wheat		یونجه Alfalfa		برنج Rice		جو Barley		سایر محصولات Other crops	
	ماه Month	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)
1	9.04	54.1	2083329	7.72	297617	1.18	45710	12.83	494248	24.14	929837
2	7.66	63.15	2897718	3.73	171399	1.04	47940	14.10	649656	17.90	821745
3	6.66	64.24	801165	0.47	5919	0.62	7845	17.02	212359	17.42	219850
4	5.36	45.63	648912	2.12	30281	22.87	325400	18.82	267834	10.56	150268

شکل 9- دندروگرام تجزیه کلاستر استان‌های کشور بر اساس شاخص تراکم زراعی سال 1390

Fig. 8- Dendrogram cluster analysis for Iranian provinces based on the density of farmin in 2011

جدول 3- مجموع سطح زیر کشت و سهم محصولات اصلی زراعی در کلاسترهای شاخص تراکم زراعی برای سال 1390

Table 3- Total cropping area and the share of main crops in clustered crop density index for 2011

گروه Group	تراکم زراعی Crop density	گندم Wheat		یونجه Alfalfa		برنج Rice		جو Barley		سایر محصولات Other crops	
	ماه Month	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)	درصد Percent	سطح Area (ha)
1	8.93	56.13	2028999	8.23	297554	0.13	4885	15.78	570679	19.71	712673
2	7.76	55.49	26155954	2.97	140431	4.95	233400	13.91	655679	22.66	1068461
3	6.01	45.01	1034836	2.05	47227	17.97	413141	13.94	320686	21	482967

با توجه به آن که بارندگی در اقلیم ایران نقش مهمی در تعیین الگوی زراعی داشته و همچنین بسیاری از منابع آبی ایران تحت تأثیر بارش قرار دارند، در این بخش به بررسی تغییرات بارندگی و تأثیر آن بر شاخص تراکم زراعی پرداخته شده است:

گروه‌بندی بر اساس مجموع بارندگی سالانه استان‌های مختلف در دوره 60 ساله 1330 تا 1390 انجام شد، بر این اساس استان‌های مورد بررسی از نظر بارندگی در هفت گروه طبقه‌بندی شدند (شکل10)، که سه استان گیلان، مازندران، و کهکیلویه و بویر احمد به‌ترتیب با میانگین بارندگی بلندمدت 1337، 889 و 823 میلی‌متر سالانه در سه گروه مجزا قرار گرفتند، گروه چهارم شامل استان‌های یزد و سیستان به‌ترتیب با میانگین بارندگی سالانه 59 و 89 میلی‌متر بود و گروه پنجم شامل استان‌های ایلام، کردستان، کرمانشاه، لرستان و گلستان با میانگین بارندگی سالانه 439 تا 589 میلی‌متر بود. گروه ششم شامل استان‌های اصفهان، خراسان جنوبی، سمنان، قم، تهران، کرمان، هرمزگان و خوزستان با میانگین بارش سالانه بین 125 تا 210 میلی‌متر و گروه هفتم شامل استان‌های چهار محال و بختیاری، آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، خراسان رضوی و شمالی، بوشهر، زنجان، فارس، قزوین، مرکزی و همدان با بارش سالانه متوسط 250 تا 338 میلی‌متر بود. همبستگی بین شاخص تراکم زراعی با بارندگی سالانه (72) 0/3875- و در سطح یک درصد معنی‌دار بود. یکی از دلایل این مورد آن است که در شرایط محدودیت آب سطح زیر کشت غلات بیشتر بوده و لذا نسبت اشغال سطح زمین بیشتر از حالتی است که به‌دلیل فراهمی آب تنوع کشت محصولات به‌ویژه محصولات بهاره افزایش می‌یابد و به‌دلیل کوتاه‌تر بودن طول دوره رشد این محصولات، شاخص تراکم زراعی کاهش می‌یابد.

شکل 10- گروه‌بندی استان‌های کشور بر اساس مجموع بارش سالانه طی 60 سال (1330 تا 1390)

Fig. 10- Grouping of the provinces of the country based on the total annual rainfall over 60 years (1951 t0 2011)

در سه سال مورد بررسی برای شاخص تراکم زراعی (1350، 1382 و 1390) بر اساس گروه‌بندی انجام شده فوق، میانگین بارش سالانه برحسب میلی‌متر بین 43 تا 1078 و شاخص تراکم زراعی بین 5/4 تا 8/3 ماه پوشش متغیر بود (جدول 4).

جدول 4– مقایسه وضعیت بارش و میانگین تراکم زراعی در گروه‌بندی استان‌ها کشوری

Table 4 Comparison of rainfall situation and average of agronomic density in the provinces of Iran

گروه Group	استان در گروه Province /group	حداکثر تراکم زراعی Highest crop density (Month)	حداقل تراکم زراعی Lowest crop density (Month)	حداکثر بارش Highest precipitation (mm)	حداقل بارش Lowest precipitation (mm)
1	1	6.92	4.36	1447	831
2	1	6.3	5.62	1082	486
3	1	6.7	6.62	890	414
4	2	8.2	7.3	69	9
5	5	8.6	6.4	640	350
6	8	8.4	5.9	218	41
7	12	9.5	7.4	440	97

نتیجه‌گیری

نتایج این بررسی نشان داد که به‌دلیل غالبیت کشت غلات در الگوی کاشت محصولات زراعی، میزان تراکم زراعی تحت تأثیر سطح زیر کشت این گیاهان قرار می‌گیرد و به همین دلیل در مناطقی که سطح زیر کشت غالب گندم بوده و از طرفی دارای محدودیت بارندگی هستند و غلات به‌صورت پاییزه کشت می‌شوند، تراکم زراعی بالاتر می‌باشد، درحالی‌که در مناطق پرباران به‌علت قرار گرفتن برنج به‌عنوان محصول اصلی در الگوی کاشت و کوتاه بودن دوره رشد آن، تراکم زراعی کمتر می‌باشد و با وجود بارندگی مناسب از اراضی عملاً به‌طور مناسبی استفاده نشده، از طرفی گرچه میانگین تراکم زراعی در کشور به‌خاطر وجود برخی از مناطق، با تراکم زراعی بالای بین 10 تا 11 ماه است، ولی تعداد قابل توجهی از مناطق دارای تراکم زراعی هفت تا هشت ماه می‌باشند و لذا بخش مهمی از اراضی زراعی کشور بدون استفاده باقی مانده است، بنابراین با توجه به اینکه تأمین امنیت غذایی از نیازهای اساسی بوده و یکی از راه‌های مهم در دستیابی به این امر افزایش تولید در واحد سطح و افزایش تراکم زراعی می‌باشد، لذا تغییر الگو یا سیستم کاشت در مناطقی که فشرده‌سازی پایین است به‌منظور افزایش تراکم زراعی و در نتیجه افزایش تولید محصولات زراعی می‌باشد.

References

Alston, J.M., Babcock, B.A., and Pardey, P.G., 2010. The Shifting Patterns of Agricultural Production and Productivity Worldwide. Iowa State University, The Midwest Agribusiness Trade Research and Information Center Information Center.

Boserup, E., 1966. The Conditions of Agricultural Growth; The Economics of Agrarian Change under Population Pressure.Aldine Publisher, Chicago.

Borlaug, N., 2007. Feeding a hungry world. Science 318(5849): 359.

Culman, S., Young-Mathews, A., Hollander, A., Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., O'Geen, A., and Jackson, L., 2010. Biodiversity is associated with indicators of soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification. Landscape Ecology 25(9): 1333-1348.

Dahal, B.M., Nyborg, I., Sitaula, B.K., and Bajracharya, R.M., 2009. Agricultural intensification: food insecurity to income security in a mid-hill watershed of Nepal. International Journal of Agricultural Sustainability 7(4): 249-260.

Dallimer, M., Tinch, D., Acs, S., Hanley, N., Southall, H.R., Gaston, K.J., and Armsworth, P.R., 2009. 100 years of change: examining agricultural trends, habitat change and stakeholder perceptions through the 20th century. Journal of Applied Ecology 46(2): 334-343.

Food and Agriculture Organization (FAO)., 1984. Improved Production Systems as an Alternative to Shifting Cultivation. Soils Bulletin 53. FAO, Rome. 90p

Johansen, C., Duxburv, J., Virmani, S., Gowda, C., Pande S., and Joshi, P. 2000. Legumes in rice and wheat cropping systems of the Indo-Gangetic Plain-Constraints and opportunities. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh, India.

Koocheki, A., 1996. Agriculture and sustainable development. Agricultural Economic and Developmen (2): 89-112. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri, M., Zareh, A. and Jahanbin M., 2004. Diversity of cropping systems in Iran. Pajouhesh and Sazandegi (63): 70–83. (In Persian with English Summary)

Netting, R.M., 1993. Smallholders, Householders: Farm Families and the Ecology of Intensive, Sustainable Agriculture. Stanford University Press.

Shriar, A.J., 2000. Agricultural intensity and its measurement in frontier regions. Agroforestry Systems 49(3): 301-318.

Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., Snoo, G.R.D., and Eden, P., 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63(4): 337-365.

Turner, B.L., and Doolittle, W.E., 1978. The concept and measure of agricultural intensity. The Professional Geographer 30(3): 297-301.

Unknown., 1987. Dark and bright prospects for the future of Iran forests and pastures. Journal of Political

Information and Economic 1(2): 60-63. (In Persian)

Velayati, S., and Kadivar, A., 2006. Environmental challenges in Iran forest and pasture. Journal of Geography and Regional Development 7(1): 53-72. (In Persian with English Summary)

Wood, S., Sebastian, K., and Scherr, S.J., 2000. Pilot Analysis of Global Ecosystems: Agroecosystems. Report, World Resources Institute, Washington DC.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 55-69

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 69-55

Long Term Evaluation of Crops Agronomic Density using Crop Density index in Iran Crops Production

M.R. Kiani[1], A. Koocheki[1*], M. Nassiri Mahallati[2] and A. Zareh Feiz Abadi[3]
Submitted: 10-06-2018
Accepted: 27-08-2018

Kiani, M.R., Koocheki, A., Nassiri Mahallati M., and Zareh Feiz Abadi, A., 2020. Long term evaluation of crops agronomic density with crop density index in Iran crops production. Journal of Agroecology 12 (1): 55-69.

Introduction

In the foreseeable future, plants are still the most important source of human food supply, and given the rapid rise in demand for food in developing countries, the demand for food will increase sharply over the next 20 years. Compression is the most important factor in increasing agricultural production. One of the useful indicators in determining the compression rate is the use of agronomic index. In Nepal, an applied definition has been used to compress agriculture, which includes increasing the number of crops per unit area in a crop season, along with the trend of chemical changes to improve plant performance. One of the important indicators used by many researchers is made by Boserup (1966). In this definition, agricultural compression means increasing the cultivation of crops in a given period in an agricultural system., The idea of increasing the frequency of planting important crops originated in agriculture prior to industrialization and was the only way to increase crop production in one year. This concept later became more comprehensive by other researchers by adding the differences in the length of sowing and planting of crops. In a number of studies, the frequency of products indicating the amount of land use has been used as a compression index.

Methods

In order to study the trend of changes in crop density, agronomy and stability in agricultural production, statistical data of 15 agricultural variables including crop area and rainfall in different provinces of the country for the period of 50 years from 1961 to 2011 have been obtained from the Statistical Yearbook, databases The Ministry of Agriculture, the Center for Statistics of Iran and the FAO Database.

Agronomic index was used to study the land use status of arable land and an aspect of compression including land cover with one-year cultivars.

Result and Discussion

Based on the average, total agricultural density in 1971, 2004 and 2011were 9.26, 8.48 and 8.80, respectively, and the mean of three years was 8.94 months. The lowest index of agricultural density index in 1350 belonged to southern coastal provinces (Hormozgan and Bushehr) and Mazandaran with average of 6.98 and 7.33 months, respectively. In 2004 Guilan and Mazandaran provinces had the least index of 4 and 62.5 months, and in 2011 the lowest rate of this indicator was in Gilan and southern coastal provinces, with a period of coverage of 63.6 and 5.3 months, respectively. Considering that in most regions of the country more than half of the cultivated area is allocated to wheat, and also wheat remains on the ground longer than the other crops, therefore, wheat cultivation owns the most important share in the determination of the index of agronomic agglomeration (or crop cover). On the other hand, in the northwestern regions due to climatic conditions and colder periods of time, cereals especially wheat remail on the ground longer ,so the main reason for the higher index of agronomy in these areas is that wheat is present at the surface of earth. The study of agronomy in the country's arable crops showed that, contrary to expectation, in areas with higher rainfall the duration of land

1- Assistant Professor, Department of Seed and Plant Improvement, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan-e Razavi, Agricultural- Research-Education and Extension Organization (AREEO), and Former Ph.D. student, Department of Agrotechnology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
2- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
3- Professor, Agricultural Research, Education and Extenstion Organization, Tehran, Iran.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.74695

cover is less and soil remains without cultivation a long time in the year, due to the cultivation of crops such as rice. Therefore, changing the pattern of planting is essential in these areas.

Conclusion

The results of this study showed that due to the dominance of cereal cultivation in cropping pattern, crop density was affected by the cropping area of these plants. Food security is one of the basic needs and increasing the production per unit area isone of the important ways to achieve it. So, changing the pattern or planting system is necessary in areas where compression is low.

Keywords: Cultivation pattern, Follow, Food security

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 71-85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 85-71

اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L. Var. Karoon)

بهرام بهزادی[1]، عباس بیابانی[2*]، مختار زلفی باوریانی[3]، علی راحمی کاریزکی[4] و حسین حسینی‌مقدم[4]

تاریخ دریافت: 1398/01/03
تاریخ پذیرش: 1398/02/25

بهزادی، ب.، بیابانی، ع.، زلفی باوریانی، م.، راحمی کاریزکی، ع. و حسینی‌مقدم، ح. 1399. اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر کارآیی مصرف نیتروژن، عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon). بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 71-85.

چکیده

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین آرایش کاشت و مقدار مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گوجه‌فرنگی رقم کارون (*Solanum lycopersicum* L.)، دو آزمایش جداگانه در دو مکان در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بنداروز و ایستگاه تحقیقات سعدآباد استان بوشهر در سال زراعی 97- 1396 به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. دو آرایش کاشت (یک‌طرفه و دوطرفه نوار آبیاری) به‌عنوان عامل کرت اصلی و چهار سطح نیتروژن (بدون کود، 90، 180 و 270 کیلوگرم در هکتار) به‌عنوان عامل کرت فرعی مد نظر قرار گرفتند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد کل میوه تازه، عملکرد قابل فروش میوه، تعداد میوه کل و قابل فروش در بوته، وزن میوه، شاخص شکل میوه، سفتی میوه، عدد کلروفیل‌متر و کارآیی مصرف نیتروژن بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل آرایش کاشت در سطوح نیتروژن بر صفات عملکردهای کل، عملکرد قابل فروش میوه، تعداد کل میوه در بوته، عدد کلروفیل‌متر و سفتی میوه اثر معنی‌دار داشت. بیشترین و کمترین مقدار عملکرد کل و عملکرد قابل فروش میوه به‌ترتیب از تیمارهای روش کاشت یک‌طرفه×کاربرد 180 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (54/08 و 46/50 تن در هکتار) و روش کاشت دوطرفه×عدم کاربرد کود نیتروژن (26/10 و 21/72 تن در هکتار) به‌دست آمد. با افزایش مصرف نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن کاهش یافت. به‌طورکلی، حداکثر عملکرد در اثر کاربرد 180 کیلوگرم در هکتار نیتروژن در روش کاشت یک‌طرفه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تعداد میوه کل، عدد کلروفیل‌متر، کاشت یک‌طرفه، کاشت دوطرفه

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی (*Solanum lycopersicum* L.) یکی از گیاهان بسیار مهم از نظر اقتصادی و تغذیه‌ای می‌باشد که به‌طور وسیعی در جهان کشت می‌شود (Adigun et al., 2018; Asgedom et al., 2011). گوجه‌فرنگی دومین سبزی مهم در جهان پس از سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) شناخته می‌شود (Maerere et al., 2006)، و به‌طور گسترده‌ای به‌صورت تازه و یا فرآوری شده مصرف می‌شود (Van Dam et al., 2005). بر اساس گزارش سازمان خواروبار جهانی، در سال 2017 تولید جهانی گوجه‌فرنگی 182/3 میلیون تن بوده است و ایران با تولید 6/17 میلیون تن و 3/4 درصد از تولید جهانی، جایگاه ششم تولید

1- دانشجوی دکترای زراعت، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس و محقق بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.
2 و 4- به‌ترتیب دانشیار و استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران.
3- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بوشهر، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: abs346@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i1.79832

گوجه‌فرنگی دنیا را به خود اختصاص داده است (FAO, 2017). در استان بوشهر گوجه‌فرنگی به‌دلیل تولید خارج از فصل، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و بیشترین سطح زیر کشت در بین محصولات سبزی و صیفی را در استان دارا می‌باشد (Behzadi & Rakhshanderoo, 2014). در سال زراعی 96- 1395 سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی خارج از فصل در استان بوشهر 12500 هکتار بوده است و متوسط عملکرد میوه در حدود 42 تن در هکتار گزارش شده است (ASCY, 2018).

در استان بوشهر کشاورزان در کشت گوجه‌فرنگی از روش کاشت دوطرفه در اطراف نوار آبیاری قطره‌ای استفاده می‌کنند. در کشورهای توسعه‌یافته به‌دلیل کشت مکانیزه از روش کاشت یک‌طرفه در اطراف نوار آبیاری قطره‌ای استفاده می‌کنند. در ایران نیز در سال‌های اخیر در سطح محدود، کاشت مکانیزه توسط دستگاه نشاءکار گوجه‌فرنگی انجام شده است و این روند رو به افزایش می‌باشد. به نظر می‌رسد با توجه به هزینه‌های سرسام‌آور نیروی کارگری و سایر نهاده‌های کشاورزی حرکت به‌سمت کشاورزی مکانیزه اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

در بین عوامل مختلف مؤثر بر رشد گیاه، آرایش کاشت مطلوب نقش مهمی در کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و تشکیل میوه ضعیف ایفا می‌کند. آرایش کاشت مناسب رقابت بین بوته‌ها برای دستیابی به مواد مغذی خاک را کاهش می‌دهد (Kanwar, 2016). عملکرد هر گیاه، حاصل رقابت برون و درون‌بوته‌ای، برای کسب عوامل محیطی و مدیریتی است. بدین ترتیب حداکثر عملکرد زمانی حاصل می‌شود که رقابت به حداقل رسیده و گیاه بتواند از عوامل محیطی موجود حداکثر استفاده را نماید (Gardner et al., 1985)، تعدادی از محققین گزارش نمودند که با کاهش فواصل بین بوته عملکرد کل گوجه‌فرنگی افزایش یافت (Azevedo et al., 2010; Muhammad & Singh, 2007). ستین و اویگان (Cetin & Uygan, 2008) با بررسی اثر فواصل بین ردیف (یک و دو متر) روی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که بیشترین عملکرد میوه، در فاصله بین ردیف یک متر به‌دست آمد. در تحقیقی روی آرایش کاشت گوجه‌فرنگی در استان بوشهر گزارش شد که آرایش‌های کاشت 40 × 120 و 50 × 120 سانتی‌متر بیشترین عمکرد کل میوه و وزن تک‌میوه را به خود اختصاص دادند (Behzadi & Rakhshanderoo, 2014). در تحقیقی با بررسی آرایش‌های کاشت 30×60، 45×60 و 60×60 سانتی‌متر و سطوح نیتروژن (0، 75، 150 و 225 کیلوگرم در هکتار) روی گوجه‌فرنگی گزارش شد که اثر این عوامل بر تعداد میوه در بوته معنی‌دار بود و بیشترین تعداد میوه در بوته، از آرایش کاشت 60 × 60 و کاربرد 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌میزان 38/2 عدد به‌دست آمد. هم‌چنین بیشترین عملکرد کل از آرایش کاشت 45×60 و کاربرد 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آمد (Sharma, 2007). ممنوعی و دولت‌خواهی (Mamnoie & Dolatkhahi, 2013) با بررسی اثر فواصل روی ردیف (30، 40، 50 و 60 سانتی‌متر) بر خصوصیات کمّی و کیفی گوجه‌فرنگی گزارش کردند که شاخص شکل میوه با افزایش فاصله روی ردیف، افزایش یافت.

نظام‌های رایج کشاورزی برای حفظ و تقویت حاصلخیزی خاک به کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنی وابسته هستند (Tavakkoli Kakhki et al., 2018). تقاضای جهانی برای کود نیتروژن در سال 2018، در حدود 115/4 میلیون تن بوده است (FAO, 2019). نیتروژن نقش مهمی در عملکرد کمّی و کیفی گیاهان زراعی ایفا می‌کند و برای کارکرد مناسب اکوسیستم‌های زراعی ضروری است (Liang et al., 2019). تولید جهانی محصولات زراعی به‌طور معنی‌داری توسط دسترسی به آب و نیتروژن و سایر عوامل محدودکننده، محدود شده است (Mueller et al., 2012). افزایش کارایی مصرف نیتروژن نقش مهمی در توسعه کشاورزی پایدار ایفا می‌کند (Seyyedi & Rezvani Moghaddam, 2011). گوجه‌فرنگی واکنش خوبی به خاک‌های لومی شنی با مدیریت خوب و لومی رسی سنگین بدون لایه سخت دارد (Chernet et al., 2017). از آن‌جا که ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است، مقدار مواد آلی خاک‌های آن پایین بوده و اغلب گیاهان دچار کمبود نیتروژن می‌باشند و به این دلیل تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی و آلی ضروری است (Malakouti & Homaee, 2004). تغذیه شیمیایی تأمین سریع‌تر مواد غذایی را برای گیاه فراهم می‌آورد، ولی در درازمدت سبب بروز آلودگی‌های محیط زیست و تخریب ساختمان خاک می‌شود (Ghasemi et al., 2016).

خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان اغلب در واکنش به میزان دسترسی به منابع کودی به‌خصوص کود نیتروژن، دچار تغییر می‌شود. یکی از نقش‌های فیزیولوژیک نیتروژن تأثیر آن بر فتوسنتز می‌باشد (Faraji et al., 2011). عملکردهای محصولات به‌طور کلی، با استفاده از نیتروژن و مقادیر بالاتری از این عنصر که اغلب

برای دستیابی به عملکرد بیشتر ضروری است، افزایش می‌یابد (Badr et al., 2012). نتایج متعددی در مورد نیاز گوجه‌فرنگی به کود نیتروژن در محدوده 100 تا 224 کیلوگرم در هکتار وجود دارد (Hartz & Bottoms, 2009; Zotarelli et al., 2009). اختلاف گسترده بین داده‌ها می‌تواند به‌دلیل تغییرپذیری زیاد ناشی از عوامل مدیریت محیطی و گیاه زراعی، از یک مکان به مکان دیگر و تنوع ژنتیکی بین واریته‌های مختلف مربوط باشد. نتایج برخی از گزارش‌ها روی بادمجان (*Solanum melongema* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) نشان داد که اثر متقابل روش کاشت × سطح نیتروژن برای بیشتر اجزای عملکرد معنی‌دار بود و کارآیی مصرف نیتروژن در کاشت یک‌طرفه در مقایسه با کاشت دوطرفه بیشتر بود (Aujla et al., 2007; Badr et al., 2016). گیاهان کشت شده در ردیف‌های باریک‌تر (کشت یک‌طرفه) دارای ریشه‌های عمیق‌تری نسبت به گیاهان کشت شده در ردیف‌های پهن‌تر (کاشت دوطرفه) بودند، بنابراین گیاهان کاشته شده در ردیف‌های با فاصله کم، با افزایش جذب نیتروژن، تلفات نیتروژن را کاهش داده و باعث افزایش کارآیی مصرف نیتروژن شدند (Sharratt & McWilliams, 2005). هم‌چنین کارآیی مصرف نیتروژن به‌طور مداوم با افزایش سطح موجودی نیتروژن در همه روش‌های کاشت، کاهش یافت.

در خصوص بررسی اثر دامنه مناسب کود نیتروژن بر روی گیاهان مختلف، برخی از محققان شامل زینگ و همکاران (Xing et al., 2015) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2019) روی گوجه‌فرنگی، یو و همکاران (Yue et al., 2015) روی خربزه (*Cucumis melo* L.) و یان و همکاران (Yan et al., 2009) روی خیار (*Cucumis sativa* L.) آزمایش‌هایی را انجام دادند و گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود نیتروژن تا حد مورد نیاز برای هر گیاه، عملکرد افزایش پیدا کرد، ولی مصرف بیشتر از حد مورد نیاز گیاه عملکرد را کاهش داد. رسول و حبیب (Rasool & Habeeb, 2016) با مطالعه اثر نیتروژن روی رشد و ارزش تغذیه‌ای میوه در ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی گزارش کردند که با افزایش مقدار نیتروژن، سفتی میوه کاهش یافت. روند کاهش سفتی میوه در اثر افزایش مقادیر نیتروژن به نقش نیتروژن در ساخت آنزیم‌های پروپکتیناز نسبت داده شد.

یکی از عوامل مهم جهت تعیین مقدار نیتروژن در گیاهان، شاخص کلروفیل در برگ می‌باشد؛ زیرا این عنصر به‌طور مستقیم در ساخت رنگیزه‌ها مشارکت می‌کند، مقدار کلروفیل همبستگی مثبتی با مقدار نیتروژن دارد (Souza et al., 2016). برخی از گزارش‌ها نشان داد که با افزایش مصرف نیتروژن، شاخص کلروفیل افزایش یافت (Freitas et al., 2018). این مطالعه به‌منظور دست‌یابی به آرایش کاشت مناسب منطقه در راستای گسترش کشاورزی مکانیزه و سطح بهینه کود نیتروژن و اثرات برهم‌کنش این عوامل بر عملکرد و اجزای عملکرد در گوجه‌فرنگی به اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی 97-1396 به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دو مکان به اجرا در آمد. به‌ترتیب مکان‌ها شامل مکان اول، مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی برازجان با موقعیت جغرافیایی 29 درجه و 12 دقیقه و 16 ثانیه عرض شمالی و 51 درجه و 15 دقیقه و 11 ثانیه طول شرقی، و ارتفاع 110 متر از سطح دریا بود. مکان دوم، مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات سعدآباد با موقعیت جغرافیایی 29 درجه و 23 دقیقه و 10 ثانیه عرض شمالی و 51 درجه و 5 دقیقه و 45 ثانیه طول شرقی، و ارتفاع 50 متر از سطح دریا بود. اطلاعات هواشناسی دو منطقه در جدول 1 آورده شده است.

دو آرایش کاشت (یک‌طرفه و دوطرفه و چهار سطح کود نیتروژن (صفر، 90، 180 و 270 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) از منبع اوره به‌ترتیب به‌عنوان عامل کرت اصلی و عامل کرت فرعی مد نظر قرار گرفتند. قبل از کاشت عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق، دیسک و ماله انجام شد. جوی و پشته‌ها بر اساس نوع کاشت یک‌طرفه یا دوطرفه با فاصله ردیف‌های مورد نظر (125 و 200 سانتی‌متر) ایجاد شدند. عناصر غذایی فسفر، پتاسیم و عناصر کم‌مصرف بر اساس آزمون خاک و توصیه بخش تحقیقات آب و خاک مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر در همه کرت‌ها به‌صورت یکسان در داخل جوی و زیر محل استقرار نوارهای آبیاری قبل از انتقال نشاء مصرف شد. کودهای مصرفی شامل فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (150 کیلوگرم در هکتار)، پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم (200 کیلوگرم در هکتار) و عناصر میکرو شامل روی، منگنز و مس از منابع سولفات روی، منگنز و مس (12، 15 و هفت کیلوگرم در هکتار)، آهن از منبع کلات آهن (10 کیلوگرم در هکتار) بودند. کود نیتروژنه بر اساس سطوح تیمار کودی در 10 نوبت تا زمان چین دوم گوجه‌فرنگی مصرف شد. خصوصیات

فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 2 آمده است. خاک در ایستگاه برازجان دارای بافت متوسط و در ایستگاه تحقیقات سعدآباد دارای بافت شنی بود، در هر دو مکان ماده آلی زیر یک درصد بود (جدول 2).

جدول 1- وضعیت آب‌وهوایی مناطق بنداروز و سعدآباد در طول دوره رشد گوجه‌فرنگی در سال زراعی 97-1396

Table 1- Climatic situation of tomato during entire growth period in Bondarooz and Saadabad regions in growing season 2017-2018

ماه‌های رشد Growth seasons	دما Temperature (°C)						رطوبت نسبی Relative humidity (%)	
	دمای بیشینه T_{max}		دمای کمینه T_{min}		دمای میانگین T_{mean}			
	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad	بنداروز Bondarooz	سعدآباد Saadabad
مهر October	42.2	38.9	15.6	22.7	28.7	33	25.3	23.2
آبان November	35.7	29.1	8.4	16.9	20.9	24.2	55.2	47
آذر December	29.9	25.2	4.1	11.9	16	20	63.3	47.5
دی January	26.8	22.9	3.2	10.8	14	17.9	55.7	41.7
بهمن February	33.8	25.6	2.5	13.4	17.4	20.8	57.4	45.5
اسفند March	40.5	32.5	9.5	15.8	22.6	26.3	37.3	31.1
فروردین April	40.8	34.3	12.7	20.1	25.7	29	38	34
اردیبهشت May	44.4	39.7	18.8	24.4	31	34.5	25.9	25
میانگین Mean	36.7	31	9.3	17	22	25.7	44.8	36.9

جدول 2- برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو منطقه بنداروز و سعدآباد

Table 2- Some of physical and chemical properties of the soil at Borazjan and Saadabad regions

مکان Location	عمق Depth (cm)	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Organic carbon (%)	فسفر قابل دسترس P (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل دسترس P (mg.kg^{-1}	واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)
بنداروز Bondarooz	0-30	0.035	0.35	6	135	7.8	4.9	67	25	8
سعدآباد Saadabad	0-30	0.017	0.17	2.56	45	7.9	2.64	85	7	8

به‌منظور تولید نشاء، بذرهای رقم کارون در سینی‌های کشت یونولیتی 216 حفره‌ای در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان بوشهر کشت شدند، حجم هر حفره 50 سانتی‌متر مکعب بود. عملیات زراعی شامل آبیاری، کودپاشی، کنترل آفات و بیماری‌ها تا زمان انتقال نشاء گوجه‌فرنگی در گلخانه انجام شد. نشاءهای گوجه‌فرنگی پس از 42 روز در مرحله چهار تا پنج‌برگی در طول نوارهای آبیاری قطره‌ای در هشت آبان ماه 1396 در هر دو مزرعه با آرایش کاشت 40 × 125 در کاشت یک‌طرفه و 50 × 200 سانتی متر در کاشت دوطرفه کشت شدند. طول ردیف‌های کاشت در تمامی تیمارها پنج متر بود. عملیات داشت شامل کوددهی،

وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات و بیماری‌ها، کودپاشی، خاک‌دهی بوته‌ها و آبیاری به‌روش قطره‌ای نواری بود. آبیاری با توجه به شرایط آب‌وهوایی و نیاز گیاه به‌طور منظم در زمان مناسب و به‌تعداد 18 بار انجام شد. عملکرد میوه طی پنج چین از تاریخ 96/11/30 تا 97/2/29 برداشت شد.

صفات مورد بررسی شامل عملکرد کل و قابل فروش میوه، تعداد میوه کل و قابل فروش، وزن میوه، شاخص شکل میوه، سفتی میوه، عدد کلروفیل‌متر و کارآیی مصرف نیتروژن بودند. تعداد برداشت‌ها پنج چین بود. پس از برداشت میوه در هر چین عملکرد کل و قابل فروش میوه، تعداد میوه کل و قابل فروش در بوته، وزن میوه، عملکرد تک‌بوته محاسبه و اندازه‌گیری شد. میوه قابل فروش یا بازارپسند، میوه‌ای است که قابل فروش در بازار باشد و لهیدگی، آفت‌زدگی و بدشکلی نداشته باشد. جهت اندازه‌گیری عملکرد قابل فروش در هر کرت میوه‌های لهیده، آفت‌زده و بدشکل جدا شده و حذف شدند و میوه‌های باقی‌مانده با قابلیت فروش در بازار وزن شدند و عملکرد میوه قابل فروش به‌دست آمد. برای تعیین شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌متر دستی شرکت مینولتای ژاپن مدل اسپد-52 استفاده شد. آزمون سفتی بافت میوه با استفاده از دستگاه پنترومتر مدل FT-011 با نوک میله نفوذکنندهٔ هشت میلی‌متری، از دو سمت مقابل هم و پس از برداشتن پوست میوه انجام شد. سفتی بافت بر اساس بیشترین نیروی لازم برای نفوذ نوک میله در میوه برحسب نیوتن بیان شد (Shokrallah et al., 2016). برای تعیین شاخص شکل میوه از هر کرت آزمایش، 10 میوه به‌طور تصادفی انتخاب شد. سپس طول و قطر میوه با کولیس دیجیتال مدل دیجیتال کاپیلار ساخت کشور چین اندازه‌گیری شد و نسبت طول به قطر (شاخص شکل میوه) در چین دوم از طریق معادله 1 محاسبه شد (Adel et al., 2016):

معادله (1) $(L/D)= (L) /(D)$ شاخص شکل میوه

در این معادله، L: طول میوه و D: قطر میوه هستند.

کارآیی مصرف نیتروژن توسط معادله 2 تعیین گردید (Badr et al., 2016):

معادله (2) $NUE = (Y_t - Y_0) /N$

در این معادله، Y_t: عملکرد کل میوه تحت تیمار نیتروژن، Y_0: عملکرد کل میوه تحت شاهد بدون نیتروژن و N: نیتروژن مصرفی می‌باشد. تمام اجزای معادله بر حسب کیلوگرم در هکتار می‌باشند و کارآیی مصرف نیتروژن بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم گزارش می‌شود.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9/1 و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد کل و قابل فروش

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثر مکان، آرایش کاشت و سطوح نیتروژن بر صفات عملکردهای کل، قابل فروش و بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). تجزیه واریانس ساده هر مکان نشان داد که تنها در منطقه بنداروز برهم‌کنش آرایش کاشت در سطوح نیتروژن بر عملکردهای کل و قابل فروش در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جداول 4 و 5).

در بین مکان‌ها بیشترین عملکرد کل و قابل فروش میوه به‌ترتیب با 60/21 و 52/22 تن در هکتار از منطقه بنداروز و کمترین عملکردهای ذکر شده به‌ترتیب با 20/05، 16/25 تن در هکتار و یک کیلوگرم در بوته از منطقه سعدآباد به‌دست آمد (جدول 6). مقایسه میانگین اثر آرایش کاشت بیانگر برتری تیمارهای عملکرد در کاشت یک‌طرفه نسبت به دوطرفه بود. یکی از دلایل این برتری می‌تواند فاصله بین بوته کمتر در کاشت یک‌طرفه نسبت به دوطرفه باشد. نتایج به‌دست آمده با نتایج آزودو و همکاران (Azevedo et al., 2010) و محمد و سینگ (Muhammad & Singh, 2007) هم‌خوانی دارد.

در طراحی سیستم‌های کاشت بر اساس آبیاری قطره‌ای نواری باید عواملی مانند فواصل بوته، پوشش کانوپی بوته، بافت خاک و توپوگرافی مد نظر قرار بگیرند (Cetin & Uygan, 2008). در بین سطوح نیتروژن، با افزایش مصرف نیتروژن تا 180 کیلوگرم در هکتار، عملکرد افزایش و با افزایش میزان کود به 270 کیلوگرم در هکتار، روند کاهشی نشان داد. نتایج به‌دست آمده با نتایج آزمایش‌های زینگ و همکاران (Xing et al., 2015) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2019)، یو و همکاران (Yue et al., 2015) و یان و همکاران (Yan et al., 2009) هم‌خوانی داشت. هم‌چنین اثر برهم‌کنش آرایش کاشت در سطوح نیتروژن بر عملکرد کل در سطح یک درصد و روی عملکرد قابل فروش در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در دو مکان در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶

Table 3- Combined analysis of variance (mean of squares) for effects of planting pattern and different nitrogen levels on some agronomic traits of tomato cv. Karoon in two locations in cropping season (2017-2018)

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد کل میوه Total fruit yield	عملکرد قابل فروش میوه Marketable fruit yield	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد قابل فروش میوه Marketable fruit number	وزن میوه Fruit weight	شاخص شکل میوه Fruit shape index	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	سفتی میوه Fruit firmness
مکان Location (L)	1	19358.084**	15529.221**	233.108*	146.881ns	40380.760**	0.057*	512.867**	0.213 ns
تکرار (مکان) Rep./ L	4	42.561ns	35.682ns	26.230ns	19.043ns	130.069ns	0.011ns	3.632 ns	0.284 ns
آرایش کاشت Planting pattern(PP)	1	1259.705**	959.539**	437.628**	309.403*	754.778 ns	0.001ns	1.802 ns	6.307**
L× PP	1	433.213*	290.757 ns	2.845 ns	1.758ns	198.942 ns	0.012ns	11.117 ns	0.003ns
خطای (الف) Error a	4	62.807	49.468	30.906	24.516	194.277	0.005	9.576	0.289
نیتروژن Nitrogen (N)	3	879.410**	704.084**	433.986**	348.281**	274.166 ns	0.017**	777.142**	5.558**
L× N	3	97.488**	85.118**	93.303**	64.080*	46.923ns	0.001ns	65.516**	0.237ns
PP× N	3	108.658**	70.327 *	65.569*	40.298 ns	260.194 ns	0.009ns	16.061*	1.668**
L×N×PP	3	189.952**	99.900**	80.164**	50.801*	228.959ns	0.011**	25.321**	0.033 ns
خطای (ب) Error b	24	22.615	18.067	17.750	14.660	116.649	0.003	4.584	0.214
ضریب تغییرات C.V. (%)		11.85	12.42	16.03	16.69	13.94	5.12	4.24	8.27

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

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در منطقه بنداروز در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹٦

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for effects of planting pattern and different nitrogen levels on some agronomic traits of tomato cv. Karoon in Bondarooz region in cropping season 2017-2018

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares							
		عملکرد کل میوه Total fruit yield	عملکرد قابل فروش میوه Marketable fruit yield	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد قابل فروش میوه Marketable fruit number	وزن میوه Fruit weight	شاخص شکل میوه Fruit shape index	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	سفتی میوه Fruit firmness
تکرار Rep	2	85.060^{ns}	66.577^{ns}	30.170^{ns}	18.610^{ns}	236.695^{ns}	0.002^{ns}	7.155^{ns}	0.428^{ns}
آرایش کاشت Planting pattern (PP)	1	1585.188^{ns}	1153.346^{ns}	184.954^{ns}	132.258^{ns}	864.360^{ns}	0.004^{ns}	10.935^{ns}	3.010*
خطای (الف) Error a	2	103.588	89.759	14.480	12.601	384.585	0.001	18.844	0.075
نیتروژن Nitrogen (N)	3	745.862**	614.599**	80.257**	68.570**	188.681^{ns}	0.007**	206.308**	2.372**
PP× N	3	283.528**	164.900**	126.815**	79.716**	468.067^{ns}	0.002^{ns}	16.815*	0.953*
خطای (ب) Error b	12	30.344	23.453	15.652	14.165	203.199	0.001	3.955	0.290
ضریب تغییرات C.V. (%)		9.15	9.27	13.89	15.25	13.93	2.67	4.21	9.74

ns، *و**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۵- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر آرایش کاشت و سطوح مختلف نیتروژن بر برخی از صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در منطقه سعدآباد در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for effects of planting pattern and different nitrogen levels on some agronomic traits of tomato cv. Karoon in Saadabad region in cropping season 2017-2018

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares							
		عملکرد کل میوه Total fruit yield	عملکرد قابل فروش میوه Marketable fruit yield	تعداد کل میوه Total fruit number	تعداد میوه قابل فروش Marketable fruit number	وزن میوه Fruit weight	شاخص شکل میوه Fruit shape index	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	سفتی میوه Fruit firmness
تکرار Rep	2	0.062^{ns}	4.788^{ns}	22.291^{ns}	19.477^{ns}	23.443^{ns}	0.019^{ns}	0.108^{ns}	0.140^{ns}
آرایش کاشت Planting pattern (PP)	1	107.730^{ns}	96.950^{ns}	255.519^{rs}	178.902^{ns}	89.359*	0.009^{ns}	1.984^{ns}	3.300^{ns}
خطای (الف) Error a	2	22.027	9.176	47.332	36.432	3.969	0.008	0.309	0.502
نیتروژن Nitrogen (N)	3	231.036**	174.604**	447.032**	343.791**	132.407*	0.011^{ns}	636.350**	3.424**
PP× N	3	15.081^{ns}	5.327^{ns}	18.919^{ns}	11.382^{ns}	21.086^{ns}	0.017^{ns}	24.567*	0.748**
خطای (ب) Error b	12	14.885	12.680	19.847	15.154	30.099	0.006	5.213	0.138
ضریب تغییرات C.V. (%)		19.25	21.92	18.50	18.37	11.32	6.55	4.24	6.56

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

ns,* and **: Not significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٦- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی گوجه‌فرنگی رقم کارون در سطوح مختلف آرایش کاشت، نیتروژن و برهم‌کنش بین آن‌ها در دو مکان

Table 6- Mean comparison of some agronomic traits of tomato cv. Karoon for different planting pattern, nitrogen and their interaction in two locations

فاکتور Factor		عملکرد کل میوه Total fruit yield ($t.ha^{-1}$)	عملکرد قابل فروش Marketable fruit yield ($t.ha^{-1}$)	تعداد کل میوه Total fruit number ($No.plant^{-1}$)	تعداد قابل فروش میوه Marketable fruit number ($No.plant^{-1}$)	وزن میوه Fruit weight (g)	شاخص شکل میوه Fruit shape index	سفتی میوه Fruit firmness (lb)	قرائت کلروفیل‌متر Chlorophyll index	کارآیی مصرف نیتروژن Nitrogen use efficiency ($kg.kg^{-1}$)
مکان Location										
بندارو Bondarooz		60.21^{a}*	52.22^{a}	28.48^{a}	24.68^{a}	106.46^{a}	1.09^{b}	5.53^{a}	47.26^{b}	142.73
سعدآباد Saadabad		20.05^{b}	16.25^{b}	24.08^{b}	21.19^{a}	48.45^{b}	1.16^{a}	5.66^{a}	53.80^{a}	75.96
آرایش کاشت Planting pattern										
یک‌طرفه Single row		45.25^{a}	38.71^{a}	29.30^{a}	25.47^{a}	81.42^{a}	1.11^{a}	5.23^{b}	50.72^{a}	148.27
دوطرفه Twin row		35.00^{b}	29.76^{b}	23.26^{b}	20.40^{b}	73.49^{a}	1.12^{a}	5.96^{a}	50.33^{a}	70.42
نیتروژن Nitrogen										
N_0		27.78^{c}	23.32^{c}	17.47^{b}	15.06^{b}	70.63^{b}	1.09^{b}	5.26^{c}	39.53^{d}	-
N_{90}		41.54^{b}	34.79^{b}	28.53^{a}	24.43^{a}	78.29^{ab}	1.10^{b}	6.42^{a}	50.03^{c}	152.95
N_{180}		47.26^{a}	40.59^{a}	31.04^{a}	27.25^{a}	79.16^{ab}	1.18^{a}	4.87^{d}	54.39^{b}	115.26
N_{270}		43.93^{ab}	38.25^{a}	28.08^{a}	25.00^{a}	81.73^{a}	1.11^{b}	5.83^{b}	58.16^{a}	59.83
PP×N										
یک‌طرفه Single row	N_0	29.46^{de}	24.91^{cd}	18.44^{d}	15.98^{e}	77.35^{abc}	1.12^{abcd}	5.40^{c}	41.02^{e}	-
	N_{90}	49.87^{ab}	41.74^{a}	33.02^{ab}	28.18^{ab}	78.97^{ab}	1.11^{bcd}	5.68^{c}	50.87^{d}	226.82
	N_{180}	54.08^{a}	46.50^{a}	36.57^{a}	31.71^{a}	78.57^{ab}	1.16^{ab}	4.52^{d}	53.78^{c}	150.84
	N_{270}	47.59^{b}	41.67^{a}	29.17^{bc}	26.02^{bc}	90.78^{a}	1.08^{d}	5.33^{c}	57.22^{ab}	67.14
دوطرفه Twin row	N_0	26.10^{e}	21.72^{d}	16.50^{d}	14.14^{e}	63.90^{c}	1.07^{d}	5.12^{c}	38.05^{f}	-
	N_{90}	33.21^{d}	27.84^{c}	24.04^{c}	20.68^{d}	77.62^{abc}	1.08^{cd}	7.17^{a}	49.18^{d}	79.07
	N_{180}	40.44^{c}	34.67^{b}	25.51^{c}	22.79^{cd}	79.75^{ab}	1.19^{a}	5.22^{c}	55.00^{bc}	79.68
	N_{270}	40.27^{c}	34.82^{b}	27.00^{c}	23.97^{bcd}	72.68^{bc}	1.15^{abc}	6.33^{b}	59.10^{a}	52.51

* در هر ستون هر یک از تیمارها، حروف مشابه بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

* In each column, each data followed by the same letters indicate no significant difference in the level of 5% by Duncan's multiple range test

N_0، N_{90}، N_{180} و N_{270} به‌ترتیب نشان‌دهنده مصرف ۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم N در هکتار است.

N_0, N_{90}, N_{180} and N_{270} are 0, 90, 180 and 270 kg N per ha^{-1}, respectively.

برهم‌کنش آرایش کاشت×نیتروژن نشان داد که بیشترین عملکردهای کل و قابل فروش از آرایش کاشت یک‌طرفه و مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به‌دست آمد، درحالی‌که کمترین این عملکردها از تیمار آرایش کاشت دوطرفه و بدون مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول 6). بیشترین عملکرد کل به‌میزان 54/08 تن در هکتار و کمترین عملکرد کل به‌میزان 26/10 تن در هکتار بود، نسبت کاهش کمترین عملکرد نسبت به بیشترین عملکرد در حدود 48 درصد می‌باشد.

تعداد میوه کل و قابل فروش در گیاه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثر مکان و برهم‌کنش آرایش کاشت در نیتروژن تنها بر تعداد میوه کل در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. اثر آرایش کاشت بر تعداد کل و قابل فروش میوه به‌ترتیب در سطوح یک و پنج درصد معنی‌دار گردید، هم‌چنین اثر نیتروژن روی صفات تعداد میوه کل و قابل فروش در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول 3). بیشترین تعداد کل میوه از منطقه بنداروز با 24/48 عدد به‌دست آمد. آرایش کاشت یک‌طرفه در هر دوی این صفات برتری نشان داد. با افزایش مقدار نیتروژن تا 180 کیلوگرم در هکتار، تعداد میوه کل و قابل فروش افزایش یافت و با مصرف بیشتر کود به‌میزان 270 کیلوگرم در هکتار این تعداد کاهش یافت. بیشترین تعداد میوه به‌میزان 36/57 از تیمار کاشت یک‌طرفه و مصرف180 کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین تعداد با 16/05 از کاشت دوطرفه و بدون مصرف کود نیتروژن به‌دست آمد که این یافته با نتایج شارما (Sharma, 2007) هم‌خوانی دارد.

وزن تک‌میوه گوجه‌فرنگی

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که تنها اثر مکان روی وزن تک‌میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). نتایج تجزیه واریانس ساده نشان داد که اثرات ساده آرایش کاشت و نیتروژن تنها در سعدآباد روی وزن میوه در سطح پنج درصد اثر معنی‌دار داشت (جدول 5). بیشترین وزن میوه با 106/46 گرم در بنداروز و کمترین میزان (48/45 گرم) در سعد آباد به‌دست آمد (جدول 6). به‌طور کلی، وزن تک‌میوه بیشتر در روش کشت یک‌طرفه نسبت به کشت دوطرفه می‌تواند به کارآیی مصرف نیتروژن بیشتر در کشت یک‌طرفه ارتباط داشته باشد.

شاخص شکل میوه (نسبت طول به قطر میوه)

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که تنها اثرات مکان و سطوح نیتروژن بر شاخص شکل میوه به‌ترتیب در سطوح پنج و یک درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول 3). بیشترین و کمترین مقدار این صفت به‌ترتیب از مناطق سعدآباد و بنداروز به‌میزان 1/16 و 1/09 به‌دست آمد. در بین سطوح نیتروژن بیشترین شاخص شکل میوه از مصرف 180 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص در هکتار به‌میزان 1/18 به‌دست آمد. مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن در هکتار نسبت به شاهد موجب افزایشی در حدود 8/3 درصد شد. اگرچه اثر آرایش کاشت بر این صفت معنی‌دار نبود، ولی در کاشت دوطرفه که فاصله بین بوته 50 سانتی‌متر و بیشتر از فاصله بین بوته در کاشت یک‌طرفه (40 سانتی‌متر) بود، شاخص شکل میوه بیشتری به‌دست آمد. در فواصل کمتر بین بوته، شاخص شکل میوه کاهش یافت که ممکن است به رقابت بین اندام‌های گیاهی و زایشی نسبت داده شود و در نتیجه می‌تواند به کاهش اندازه میوه کمک کند. این نتیجه با نتایج ممنوعی و دولتخواهی (Mamnoie & Dolatkhahi, 2013) هم‌خوانی دارد.

شاخص کلروفیل (عدد کلروفیل‌متر)

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثرات مکان و سطوح نیتروژن بر شاخص کلروفیل در سطح یک درصد و اثر برهم‌کنش آرایش کاشت در نیتروژن در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 3). در بین سطوح نیتروژن بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر از مصرف 270 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در هکتار به‌میزان 58/16 و کمترین مقدار از تیمار عدم مصرف کود به‌میزان 39/53 به‌دست آمد. هم‌چنین در مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش اثرات آرایش کاشت در کود نیتروژن مشاهده شد که بیشترین مقدار از کاشت دوطرفه و مصرف کود 270 کیلوگرم در هکتار به‌میزان 59/1 و کمترین مقدار از کاشت دوطرفه و بدون مصرف کود به‌میزان 38/05 به‌دست آمد (جدول 6). در تحقیق حاضر مشاهده شد که به‌طور کلی، تیمارهایی که بیشترین شاخص کلروفیل (عدد کلروفیل‌متر) را داشتند، دارای عملکردهای بالاتری نیز بودند، اگرچه بیشترین عدد قرائت شده کلروفیل‌متر به مصرف 270 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تعلق داشت، ولی عملکردهای کل حاصل از

تیمارهای 180 و 270 از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول 6). مطالعات برخی از محققان نیز نشان داد که به‌طور کلی با افزایش شاخص کلروفیل، عملکرد نیز افزایش یافت (Freitas et al., 2018; Souza et al., 2016).

سفتی میوه

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو مکان آزمایش نشان داد که اثرات آرایش کاشت، نیتروژن و برهم‌کنش آن‌ها روی سفتی میوه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین سفتی میوه از کاشت دوطرفه با کاربرد 90 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌میزان 7/17 پوند و کمترین سفتی میوه از کاشت یک‌طرفه با کاربرد 180 کیلوگرم در هکتار نیتتروژن در هکتار به‌میزان 4/52 پوند به‌دست آمد. نتایج به‌دست آمده در توافق با نتایج رسول و حبیب (Rasool & Habeeb, 2016) است که گزارش کردند با افزایش مقدار نیتروژن سفتی میوه کاهش یافت. نیتروژن نقش مهمی در بیوسنتز آنزیم‌های گیاهی مانند پروپکتیناز دارد، این آنزیم مواد پکتینی را تجزیه کرده و سفتی میوه را کاهش می‌دهد.

کارآیی مصرف نیتروژن

به‌طور کلی در تمامی سطوح مصرف نیتروژن و برهم‌کنش آرایش کاشت×سطوح نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف کود نیتروژن کاهش یافت (جدول 6). در بین سطوح مختلف نیتروژن با افزایش مصرف کود از 90 به 270 کیلوگرم در هکتار، کارآیی مصرف نیتروژن در حدود 61 درصد کاهش یافت. همچنین در بررسی برهم‌کنش آرایش کاشت و سطوح نیتروژن مشاهده شد که درکشت یک‌طرفه و دوطرفه با افزایش مصرف کود از 90 به 270 کیلوگرم در هکتار، کارآیی مصرف نیتروژن به‌ترتیب در حدود 70 و 34 درصد کاهش یافت. ممکن است علت این روند در ارتباط با محدودیت جذب و ظرفیت‌های مخزن به‌دلیل واکنش اشباع باشد (Badr et al., 2016). میانگین کارآیی مصرف نیتروژن در منطقه بنداروز و سعدآباد به‌ترتیب 142/73 و 75/96 کیلوگرم بر کیلوگرم نیتروژن بود. روش‌های کاشت یک‌طرفه و دوطرفه به‌ترتیب با 148/27 و 70/42 کیلوگرم بر کیلوگرم نیتروژن بیشترین و کمترین کارآیی مصرف نیتروژن را نشان دادند. کارآیی مصرف نیتروژن به‌میزان زیادی به‌وسیله مقدار نیتروژن تأثیر پذیرفت و بیشترین مقدار کارآیی مصرف نیتروژن از کمترین میزان نیتروژن به‌دست آمد، این امر نشان داد که کارآیی مصرف نیتروژن نسبت معکوسی با مقدار نیتروژن مصرف شده داشت. نتایج این پژوهش با نتایج آئوجلا و همکاران (Aujla et al., 2007) بدر و همکاران (Badr et al., 2016)، و زوتارلی و همکاران (Zotarelli et al., 2009) هم‌خوانی دارد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، نتایج این تحقیق بیانگر آن بود که آرایش کاشت یک‌طرفه نسبت به دوطرفه بر تمامی صفات به‌جز سفتی میوه برتری داشت. هم‌چنین عملکرد گوجه‌فرنگی تغییرات بیشتری در سطوح تیماری نیتروژن نسبت به سطوح تیماری آرایش کاشت، داشت. به نظر می‌رسد در مناطق خشک به‌دلیل پایین بودن نیتروژن قابل استفاده خاک، کاربرد نیتروژن تأثیر زیادی بر عملکرد و کارآیی مصرف نیتروژن دارد و لازم است این موضوع مورد توجه قرار بگیرد. این نتایج نشان داد که آزمایش آرایش‌های کاشت متفاوت با سطوح متفاوت نیتروژن برای دستیابی به حداکثر عملکرد در روش آبیاری قطره‌ای نواری با توجه به نوع محصول ضروری است. تغییر روش کاشت به یک‌طرفه و مصرف 180 کیلوگرم نیتروژن نسبت به کاشت دوطرفه بدون مصرف نیتروژن، عملکرد را به‌میزان 107 درصد افزایش داد. بیشترین عملکرد کل و قابل فروش و هم‌چنین تعداد میوه در بوته از تیمار کاشت یک‌طرفه با مصرف کود 180 کیلوگرم نیتروژن به‌دست آمد و این تیمار جهت دستیابی به بهترین عملکرد رقم کارون در استان بوشهر توصیه می‌شود.

References

Adel, M., Amiri, M.E., and Nejatian, A., 2016. Effect of salicylic acid and chelated magnesium sulfate on fruit quality improvement (physical characteristics) in Pear cv. Louise Bonne, Journal of Horticultural Science 30(1): 133-140.

Adigun, J.A., Daramola, O.S., Adeyemi, O.R., Olorunmaiye, P.M., and Osipitan, O.A., 2018. Nitrogen and weed

management in transplanted tomato in the Nigerian forest-savanna transition zone. Annals of Agrarian Science 16(3): 281-285.

ASCY (Agricultural Statistics of the Crop Year)., 2018. Ministry of Agriculture. Press, 116p. (In Persian)

Asgedom, S., Struik P.C., Heuvelink, E., and Araia, W., 2011. Opportunities and constraints of tomato production in Eritrea. African Journal of Agricultural Research 6(4): 956-967.

Aujla, M.S., Thind, H.S., and Buttar, G.S., 2007. Fruit yield and water use efficiency of eggplant (*Solanum melongema* L.) as influenced by different quantities of nitrogen and water applied through drip and furrow irrigation. Scientia Horticulturae 112(2): 142-148.

Azevedo, V.F., Abboud, A.C.S., and Carmo, M.G.F., 2010. Row spacing and pruning regimes on organically grown cherry tomato. Horticultura Brasileira 28: 389-394.

Badr, M.A., El-Tohamy, W.A., and Zaghloul, A.M., 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. Agricultural Water Management 110: 9-15.

Badr, M.A., Abou-Hussein, S.D., and El-Tohamy, W.A., 2016. Tomato yield, nitrogen uptake and water use efficiency as affected by planting geometry and level of nitrogen in an arid region. Agricultural Water Management 169: 90-97.

Behzadi, B., and Rakhshanderoo, M., 2014. Determination of the best planting pattern of drip-tape irrigated tomatoes. Seed and Plant Production Journal 30(4): 389-400. (In Persian with English Summary)

Cetin, O., and Uygan, D., 2008. The effect of drip line spacing, irrigation regimes and planting geometries of tomato on yield, irrigation water use efficiency and net return. Agricultural Water Management 95: 949- 958.

Chernet, S., Belay, F., Tekle, G., Kahsay, Y., Weldu, N., and Zerabruk, G., 2017. Response of yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicon* L.) to different inter and intra-row spacing at Merebleke, Northern Ethiopia. African Journal of Agricultural Research 12(33): 2614-2619.

Food and Agriculture Organization (FAO)., 2017. Statistics: FAOSTAT agriculture. Available at Web site http://fao.org/crop/statistics.

Food and Agriculture Organization (FAO)., 2019. Statistics: FAOSTAT agriculture. Available at Web site http://fao.org/crop/statistics.

Faraji, F., Esfahani, M., Kavoosi, M., Nahvi, M., and Rabiei, B., 2011. Effect of nitrogen fertilizer application on grain yield and milling recovery of rice (*Oryza sativa cv*. Khazar). Iranian Journal of Crop Sciences 13(1): 61-77. (In Persian with English Summary)

Freitas, D.C.D., Bonfim-Silva, E.M., Schlichting, A.F., and Guimaraes, S.L., 2018. Nitrogen and potassium fertilization on the development and chlorophyll index of irrigated wheat in the Cerrado, central Brazil. Australian Journal of Crop Science 12(1): 44-50.

Gardner, F.P., Pearce, R.B., and Mitchell, R.L., 1985. Mineral nutrition. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, Ames., USA.

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

Hartz, T.K., and Bottoms, T.G., 2009. Nitrogen requirements of drip-irrigated processing tomatoes. HortScience 44(7): 1988-1993.

Jaynes, D.B., Kaspar, T.C., and Colvin, T.S., 2011. Economically optimal nitrogen rates of corn. Management zones delineated from soil and terrain attributes. Agronomy Journal 103: 1026–1035.

Kanwar, H.S., 2016. Effect of plant geometry and training on seed quality and benefit: cost ratio in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seed production. International Journal of Agriculture Sciences 8(44): 1881-1884.

Liang, L., Ridoutt, B.G., Lal, R., Wang, D., Wu, W., Peng, P., Hang, S., Wang, L., and Zhao, G., 2019. Nitrogen footprint and nitrogen use efficiency of greenhouse tomato production in North China. Journal of Cleaner Production 208: 285-296.

Maerere, A.P., Sibuga, K.P., Mwajombe, K.K., Kovach, J., and Erbaugh, M., 2006. Baseline survey report of tomato production in Mvomero district-Morogoro region, Tanzania. Faculty of Agriculture, Sokoine University of Agriculture, Morogoro: 1-31.

Malakouti, M.J., and. Homaee, M., 2003. Soil fertility in arid and semiarid regions “Problems and Solutions. Tarbiat Modarres University Publications. Tehran, Iran. 488pp. (In Persian)

Mamnoie, E., and Dolatkhahi, A., 2013. Plant spacing and cultivar affects yield components, qualitative traits and early ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Notulae Scientia Biologicae 5(4): 494-498.

Muhammad, A., and Singh, A., 2007. Intra-row spacing and pruning effects on fresh tomato yield in Sudan Savanna of Nigeria. Journal of Plant Science 2(2): 153-161.

Mueller, N.D., Gerber, J.S., Johnston, M., Ray, D.K., Ramankutty, N., and Foley, J.A., 2012. Closing yield gaps through nutrient and water management. Nature 490(7419): 254-257.

Rasool, I.A., and Habeeb, S.T., 2016. The role of spraying nitrogen on growth and nutritional value of fruits in different tomato genotypes. The Iraqi Journal of Agricultural Science 47(7): 82-90.

Sharma, S., 2007. Effect of different nitrogen levels and plant spacing on growth yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*) variety- Kanchan. Department of Horticulture, Jawaharlal Nehru Krishi Vishwa Vidyalaya, Jabalpur College of Agriculture Gwalior.

Sharratt, B.S., and McWilliams, D.A., 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow row versus conventional row corn. Agronomy Journal 97(4): 1129-1135.

Shokrallah, F.S., Hajiloo, J., and Zare, N.F., 2016. Effect of polyamines on storage life of plum fruit cv. Shablon. Iranian Journal of Horticultural Sciences 46(4): 649-658. (In Persian with English Summary)

Souza, I.A., Ribeiro, K.G., Rocha, W.W., Araújo, S.A.C., Pereira, O.G., and Cecon, P.R., 2016. Forage mass, chemical composition and leaf chlorophyll index of signal grass and organic matter in soil under increasing levels of nitrogen. Semina: Ciências Agrárias, Londrina 37(3): 1505-1514.

Seyyedi, M., and Rezvani Moghaddam, P., 2011. Study yield, its components and nitrogen use efficiency using of compost mushroom, biological and urea fertilizer in wheat. Journal of Agroecology 3(3): 313-323. (In Persian with English Summary)

Tavakkoli Kakhki, H.R., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Beheshti, A., 2018. Evaluation of nitrogen use efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.) cropping systems of Iran. Journal of Agroecology 10(3): 699-718. (In Persian with English Summary)

Van Dam, B., Goffau, M.D., van Lidt de Jeude, J., and Naika, S., 2005. Cultivation of tomato: production, processing and marketing. Agromisa Foundation and CTA Publications, Agricultural University of Wageningen, Netherlands.

Wang, H., Li, J., Cheng, M., Zhang, F., Wang, X., Fan, J., Wu, L., Fang, D., Zou, H., and Xiang, Y., 2019. Optimal drip fertigation management improves yield, quality, water and nitrogen use efficiency of greenhouse cucumber. Scientia Horticulturae 243: 357-366.

Xing, Y., Zhang, F., Wu, L., Fan, J., Zhang, Y., and Li, J., 2015. Determination of optimal amount of irrigation and fertilizer under drip fertigated system based on tomato yield, quality, water and fertilizer use efficiency. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 31: 110-121.

Yan, F., Zou, Z., Dong, J., Li, J., Zhang, Z., Wang, Y., and Yang, J., 2009. Effects of different fertilization treatment on yield and quality of cucumber in plastics greenhouse. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica 5: 272-275.

Yue, W., Zhang, F., Li, Z., Zou, H., and Gao, Y., 2015. Effects of water and nitrogen coupling on nitrogen uptake of muskmelon and nitrate accumulation in soil. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery 46(2): 88-119.

Zotarelli, L., Dukes, M.D., Scholberg, J.M.S., Munoz-Carpena, R., and Icerman, J., 2009. Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management 96(8): 1247-1258.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 71-85

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 85-71

Effect of Planting Pattern and Different Nitrogen Levels on Nitrogen Use Efficiency, Yield and Yield Components of Tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon)

B. Behzadi[1], A. Biabani[2*], M. Zolfi Bavariani[3], A. Rahemi Karizaki[4] and H. Hosseini Moghadam[4]
Submitted: 23-03-2019
Accepted: 15-05-2019

Behzadi, B., Biabani, A., Zolfi Bavariani, M., Rahemi Karizaki, A., and Hosseini Moghadam, H., 2020. Effect of planting pattern and different nitrogen levels on yield and yield components of tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon) Journal of Agroecology. 12(1): 71-85.

Introduction

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is a warm season crop that originated in South America. Tomatoes have significant nutritional value. In recent years, they have become known as an important source of lycopene, which is a powerful antioxidant that acts as an anticarcinogen. They also provide vitamins and minerals and serve as an important source of nutrients in contemporary diets due to readily available fresh fruit and processed products, their popularity, and the sheer volume consumed. Among the various factors affecting plant growth, optimum planting pattern plays an important role in preventing plant competition and poor fruit formation. Tomatoes can be planted in one of many different arrangements that provide adequate space for plant growth. Optimum use of nitrogen is one of the most important agricultural management factors in achieving proper performance in arid areas. Nitrogen use efficiency is greatly influenced by nitrogen levels and has an inverse relationship with the amount of nitrogen applied. The aim of this study was to investigate the effect of planting pattern (single row and twin row) and nitrogen levels on yield, yield components and nitrogen use efficiency of tomato cv. Karoon under arid region.

Materials and Methods

Two experiments were carried out at Bondarooz and Saad Abad agricultural research stations in Bushehr Province during 2017-18 to determine the best planting pattern and nitrogen fertilizer application on yield and its components of tomato cv. Karoon. The design was conducted as split plot layout based on a randomized block design with three replications. The main plot included plant pattern treatments in two levels (single row and twin row) and subplot included nitrogen treatments in four levels (no fertilizer, 90, 180 and 270 $kg.ha^{-1}$). The studied traits included total fresh fruit yield, marketable fruit yield, total and marketable fruit per plant, fruit weight, fruit shape index, fruit hardness, chlorophyll index, and nitrogen use efficiency. For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and Duncan's multiple range test (DMRT) were performed using SAS ver. 9.1 software.

Results and Discussion

The results showed that the effect of region, planting pattern and nitrogen levels on the traits of total and marketable was significant at 1% probability level. The interaction effects of planting pattern and nitrogen levels

1- Ph.D. Student of Agronomy, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran, and Researcher of Horticulture Crops Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran.
2 and 4- Associated Professor and Assistant Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran, Respectively.
3- Assistant Professor, Soil and Water Research Department, Bushehr Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Bushehr, Iran.
(*- Corresponding author Email: abs346@yahoo.com)
Doi:10.22067/jag.v12i1.79832

on total fruit yield, marketable fruit yield, total number of fruits, chlorophyll index and fruit hardness were significant. The highest and the lowest total and marketable yields were obtained from single row planting method and application of 180 kg net nitrogen per hectare (54.08 and 46.50 $t.ha^{-1}$) and twin row planting with non-application of nitrogen fertilizer (26.10 and 21.72 $t.ha^{-1}$), respectively. The maximum number of fruits was 36.57 from single row planting and 180 kg Nitrogen fertilizer and the lowest number was 16.15 from twin row planting and without nitrogen fertilizer application. One of the reasons for this superiority can be the lower plant space in single row planting rather than twin row planting. The results of combined analysis of variance showed that only place effect on single fruit weight was significant at 1% probability level. The treatments with the highest chlorophyll index also had higher yields. Generally at all levels of nitrogen applications and interaction between planting pattern and nitrogen levels, nitrogen use efficiency decreased with increasing nitrogen fertilizer application. It may be related to limitation in uptake and sink capacities resulting in a saturation response. In Saad abad, simple effects of planting pattern and nitrogen on fruit weight had a significant effect at 5% probability level.

Conclusion

Single row planting was superior to twin row planting on all traits except fruit hardness. Nitrogen in arid regions can be considered as one of the most important factors affecting the performance and efficiency of nitrogen use. Single row planting and 180 kg Nitrogen application compared to a twin row planting without nitrogen increased the yield by 107%.

Keywords: Chlorophyll index, Nitrogen use efficiency, Single row planting, Total fruit number, Twin row planting

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 87-106

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۰۶-۸۷

ارزیابی چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

علی کعب[۱]، محمد شریفی[۲*] و حسین مبلی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۵

کعب، ع.، شریفی، م. و مبلی، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲ (۱): ۱۰۶-۸۷.

چکیده

این بررسی با هدف ارزیابی چرخه‌حیات تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) و هم‌چنین مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان انتشار شاخص‌های زیست‌محیطی بر اساس نهاده‌های ورودی در مزارع پلنت و مزارع راتون به‌طور جداگانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در استان خوزستان بررسی شد. اطلاعات لازم برای انجام این مطالعه به‌شکل ۹۲ پرسش‌نامه و بررسی حضوری از شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره) استخراج شد. دروازه مزرعه و یک‌تن محصول تولیدی به‌ترتیب به‌عنوان مرز سامانه و واحد عملکردی انتخاب شدند. گروه‌های اثر مورد مطالعه شامل تخلیه مواد غیرآلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه ازن، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک، اکسیداسیون فتوشیمیایی بود. به‌منظور ارزیابی اثرات زیست‌محیطی از نرم‌افزار Simapro V8.0.3.14 استفاده شد. نتایج حاصل از اثرات زیست‌محیطی نشان داد که در بخش‌های گروه‌های اثر مورد مطالعه، الکتریسیته، کود نیتروژن و ماشین‌های کشاورزی بیشترین تأثیر بر انتشار آلایندگی در تمام گروه‌ها داشته‌اند. مجموع شاخص زیست‌محیطی نیشکر تولید شده در مزارع پلنت برابر با ۰/۴۵ EcoX به‌ازای یک تن نیشکر تولیدی محاسبه گردید که حدود ۳۲ درصد بالاتر از مجموع این شاخص در مزارع راتون می‌باشد. نتایج مدل‌سازی نشان داد که بهترین ساختار برای شبکه عصبی جهت پیش‌بینی آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید نیشکر، ساختار ۱۰- ۵- ۱۰- ۹ برای مزارع پلنت و ساختار۱۰- ۶- ۹- ۷ برای مزارع راتون تخمین زده شد. R^2 برای شاخص مسمویت انسان‌ها و مسمویت آب‌های آزاد با ۰/۹۶۰ کمترین مقدار، و برای شاخص اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای با ۰/۹۹۲ بیشترین مقدار در مزارع پلنت و هم‌چنین در مزارع راتون، R^2 برای شاخص اختناق دریاچه‌ای با ۰/۹۸۵کمترین مقدار، و برای شاخص اسیدی شدن ۰/۹۹۵بیشترین مقدار، محاسبه گردید. بنابراین شبکه عصبی می‌تواند به‌خوبی میزان نشر آلاینده‌های زیست‌محیطی را در مزارع نیشکر پیش‌بینی و مدل‌سازی کند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل‌گرمایش جهانی، شاخص بوم‌شناخت، مدل‌سازی، مزارع پلنت، مزارع راتون

مقدمه

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی، فرآیند پیش‌بینی اثرات ناشی از فعالیت‌های یک پروژه بر فاکتورهای زیست‌محیطی مشتمل بر محیط‌های فیزیکی و شیمیایی، بیولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی طی فازهای ساختمانی و بهره‌برداری می‌باشد که پیامدهای مثبت یا منفی ناشی از آن بر اساس دوره‌های زمانی بلندمدت، میان‌مدت و کوتاه‌مدت و هم‌چنین نحوه اثرگذاری به‌صورت مستقیم و غیرمستقیم مورد بررسی قرار می‌گیرد. امروزه تولیدات کشاورزی عموماً بر پایه استفاده از منابع محدودی مثل سوخت‌های فسیلی، منابع

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی مکانیزاسیون کشاورزی، دانشیار و استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: m.sharifi@ut.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.76629

آبی و دیگر نهاده‌های غیرقابل تجدید است. نگرانی‌هایی نیز در مورد مشکلات زیست‌محیطی مانند آلودگی آب، خاک، هوا، کاهش حاصلخیزی، فرسایش خاک و تخلیه منابع وجود دارد (Nabavi-Pelesaraei et al., 2018).

نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)، گیاهی متعلق به خانواده پوآسه که از ۳۱ درجه عرض جنوبی تا ۳۶/۷ عرض شمالی و در سطحی بیش از ۲۲ میلیون هکتار در ۱۰۴کشور دنیا کشت می‌گردد و حدود ۷۱ درصد از تولیدات جهانی شکر را به خود اختصاص می‌دهد، به‌طوری‌که اقتصاد برخی از کشورها متکی به کشت این محصول بوده و در تجارت جهانی نقش عمده‌ای را ایفا می‌کند (FAO., 2016). این گیاه دارای یک دوره رشد طولانی هشت تا ۱۲ ماهه بوده و در شرایط آب‌وهوایی خوزستان به‌دلیل کمبود میزان بارندگی عمدتاً آب موردنیاز آن از طریق آبیاری تأمین می‌گردد. گذشته از سهم تولید شکر در تجارت جهانی، اقتصاد برخی از کشورها مانند برزیل، کوبا، استرالیا و غیره بستگی به تولید شکر دارد، از طرفی کشت‌وکار این محصول علاوه‌بر تولید شکر فرآورده‌های جانبی فراوانی دارد که در اشتغال‌زایی و کاهش وابستگی مؤثر است. ازآن‌جایی‌که در جهان نیاز به تولید بهینه افزایش‌یافته است و تولید بیشتر در واحد سطح، فاکتوری مهم و تعیین‌کننده در اقتصاد کشاورزی محسوب می‌شود (Yousefi, 2012). کشت نیشکر به‌عنوان محصولی استراتژیک با درصد شکر بالا و داشتن محصولات جانبی می‌تواند نقش عمده‌ای در رفع این نیاز و قطع وابستگی ایفا کند. دوره تناوب محصول نیشکر دو تا پنج سال طول می‌کشد و در بعضی موارد با توجه به شرایط مساعد خاک و مزرعه تا هفت سال هم مزرعه می‌تواند عملکرد قابل‌قبول داشته باشد. به مزارع نیشکری که سال اول کشت شده، پلنت و به مزارع سال‌های بعد راتون گویند. مراحل کاری زراعت نیشکر شامل آماده‌سازی زمین، کاشت، مرحله داشت که شامل کوددهی، علف‌کشی و آبیاری و هم‌چنین مرحله برداشت می‌باشد (Kaab et al., 2019a). امروزه به‌دلیل اهمیت حفظ محیط‌زیست، اجرای هر نوع برنامه‌ای به علم و آگاهی کافی در این زمینه نیاز دارد (Mirhaji et al., 2012). تولیدات کشاورزی متمرکز و فشرده باعث ایجاد مشکلات زیست‌محیطی می‌شود. مصرف بالای نهاده‌ها منجر به اثرات زیست‌محیطی مضری مانند افزایش تقاضا برای منابع انرژی‌های فسیلی، افزایش پتانسیل گرمایش جهانی، از دست رفتن تنوع زیستی، تنزل کیفیت خاک و آلودگی آب، خاک و هوا شده است (Nemecek et al., 2011). بر این اساس امروزه اکثر مصرف‌کنندگان متعهد به محیط‌زیست، حساسیت ویژه‌ای بر روی شاخص‌های زیست‌محیطی از فرایند تولید تا مصرف محصول دارند. بر این اساس ارزیابی چرخه‌حیات[1] با توجه به تعریف استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰، عبارت از روشی است که در آن کلیه اثرات زیست‌محیطی مرتبط با یک محصول، در کل چرخه‌حیات آن، از مرحله استخراج مواد خام تا تولید، مصرف، بازیافت، ضایعات حاصل و در نهایت دفع آن از گهواره تاگور ارزیابی می‌شود (Iriarte et al., 2010).

در حال حاضر، مسائل زیست‌محیطی به یکی از مهم‌ترین مسائل مطرح در سطح جهانی می‌باشد. داشتن اطلاعات کافی از وضعیت محیط زیست و بررسی روند تغییرات محیط زیستی یکی از موضوعات مورد توجه مجامع جهانی طی سال‌های اخیر بوده است. این موضوع در شناخت و درک صحیح از وضعیت موجود برای تعیین تغییرات لازم در نحوه مدیریت و ارائه برنامه‌های مدیریتی نقش بسیار مهمی ایفا می‌کند (ISO, 2006). از بین روش‌های مختلف برای مطالعه زیست‌محیطی فرآیندها و تولید محصولات و خدمات، استفاده از روش ارزیابی چرخه‌حیات است که بر اساس استاندارد بین‌المللی ایزو ۱۴۰۴۰ (ISO, 2006) مجموعه‌ای از روش‌های سیستماتیک برای گردآوری و ارزیابی مواد، انرژی ورودی و خروجی و اثرات محیط زیستی همراه یک سیستم تولید محصول در طول چرخه‌حیات آن می‌باشد (Khanali & Hossien Zedeh Bandbafha, 2017). ارزیابی چرخه‌حیات عبارت است از گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و تأثیرات زیست‌محیطی بالقوه در یک فرآیند تولیدی در طول چرخه‌حیات آن محصول (ISO, 2006). این روش در سال‌های اخیر به ابزار مناسبی جهت بررسی و تعیین میزان اثرات زیست‌محیطی در تولیدات کشاورزی و صنایع غذایی تبدیل گردیده، به‌طوری‌که در بسیاری از کشورها از آن به‌عنوان ابزاری برای تصمیم‌گیری‌های کلان در برنامه‌ریزی‌های زراعی استفاده می‌کنند (Kaab et al., 2019b).

هوش مصنوعی نشان‌دهنده پیشرفته‌ترین کاربرد کامپیوتر تا به امروز بوده که تلاش می‌کند تا بعضی انواع منطق فازی انسانی را تقلید کند. در حوزه کشاورزی بعد از کاربردهای گسترده کامپیوتر و بسته‌های نرم‌افزاری، تحولی به‌مراتب عمیق‌تر در این زمینه صورت گرفت و آن به‌کارگیری هوش مصنوعی در تحلیل وضعیت کشاورزی و محیط زیست می‌باشد (Lin et al., 2017). شبکه‌های عصبی

1-Life cycle assessment

مصنوعی می‌توانند با اقتباس از فرایند یادگیری مغز انسان، روابط بین متغیرها را هرچند پیچیده و غیرخطی کشف کنند. از کاربردهای مهم این روش، پیش‌بینی میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد. که به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد تا به‌منظور حداکثر نمودن عملکرد و حداقل کردن اثرات زیست‌محیطی در شرایط مبهم از آن استفاده کند (Antanasijević et al., 2015).

بررسی تأثیرات زیست‌محیطی تولید سیب (*Malus pumila*) در کشور نیوزیلند نشان داد که دلیل اصلی پتانسیل گرمایش جهانی و مسمومیت انسان، انتشار حاصل از احتراق سوخت‌های فسیلی می‌باشد (Mila I Canels et al., 2006). همچنین مطالعات متعددی در زمینه اثرات زیست‌محیطی انجام شده است که می توان به آن‌ها اشاره کرد. ارزیابی چرخه‌حیات انرژی و شاخص‌های زیست‌محیطی تولید کلزا (*Brassica napus*) در مازندران مورد بررسی قرار گرفت (Mousavi-Avval et al., 2015). در پژوهشی به ارزیابی چرخه‌حیات اثرات زیست‌محیطی تولید یونجه (*Medicago sativa*) پرداخته شد (Ghaderpour et al., 2018). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی و پیش‌بینی میزان آلاینده‌های منتشر شده در شالیزارهای استان گیلان بررسی شد (Nabavi-Pelesaraei et al., 2018). در مطالعه دیگری به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید MDF[1] با رویکرد چرخه‌حیات پرداخته شد (Kouchaki-Penchah et al., 2016 a,b). در تحقیقی به مدل‌سازی انرژی مصرفی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در روند تولید نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) در مزارع راتون با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی تحلیل و بررسی شد (Haroni et al., 2015). در مطالعه‌ای به پیش‌بینی عملکرد محصول و برآورد انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید محصول گندم (*Triticum* aestivum) پرداخته شد، هدف از این مطالعه پیش‌بینی عملکرد گندم و انتشار آلاینده‌ها بر اساس نهاده‌های انرژی ورودی بود. بر این اساس چندین مدل (شبکه عصبی مصنوعی) توسعه داده شد و دقت پیش‌بینی آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت (Khoshnevisan et al., 2013).

با توجه به اینکه نیشکر مهم‌ترین محصول برای تولید شکر و سایر فرآورده‌های جانبی از جمله اتانول، فیبر، علوفه، خوراک دام است و به‌دلیل اهمیت حفاظت از محیط زیست و نیاز به انجام تحقیقات بیشتر در زمینه شناسایی و ارزیابی اثرات زیست‌محیطی در راستای رسیدن به اهداف توسعه پایدار، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید نیشکر با رویکرد چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های منتشر شده با توجه به نهاده‌های ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه موردمطالعه و جمع‌آوری داده‌ها

این تحقیق در شرکت کشت و صنعت نیشکر امام خمینی (ره) که به‌عنوان یکی از شرکت‌های هفت‌گانه وابسته به شرکت توسعه نیشکر و صنایع جانبی استان خوزستان می‌باشد، انجام شد. این شرکت در موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (Ministry of Jihad-e-Agriculture, 2018). کل سطح زیر کشت این شرکت ۱۲۰۰۰ هکتار است که حدود ۲۰۰۰ (۱۶ درصد) هکتار مربوط به مزارع پلنت و به دنبال آن مزارع راتون حدود ۱۰۰۰۰ (۸۴ درصد) هکتار می‌باشد (Sugarcane Research Institute of Iran, 2018). طول دوره زراعی این محصول در منطقه مورد مطالعه پنج سال می‌باشد که در سال اول مزارع پلنت و در چهار سال بعد مزارع راتون می‌باشند. به‌عبارتی برداشت نیشکر در این منطقه به‌مدت پنج سال که میزان عملکرد نیشکر (ساقه تر) دارای صرفه اقتصادی می‌باشد، انجام می‌گردد.

با توجه به گسترده بودن جامعه آماری در این پژوهش از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده برای تعیین حجم نمونه استفاده شد. در این تحقیق حجم نمونه مورد نیاز برای محصول نیشکر با استفاده از رابطه کوکران (معادله ۱) برابر با ۹۲ نمونه برآورد گردید. جهت تکمیل آمار و اطلاعات مربوط به وضعیت کشاورزی در منطقه مورد مطالعه سعی شد در مراحل مختلف تحقیق با کارشناسان کشت و صنعت، مصاحبه به عمل آید و نظرات آن‌ها نیز لحاظ گردد. اطلاعات جمع‌آوری شده در این مطالعه شامل میزان سطح زیرکشت، ماشین‌های کشاورزی، نیروی انسانی، سوخت دیزل، الکتریسیته، قلمه نیشکر، سموم شیمیایی، آب مصرفی وکودهای شیمیایی می‌باشد.

$$n = \frac{N(s \times t)^2}{(N-1)d^2 + (s \times t)^2}$$

معادله (۱)

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}}$$

که در آن، N: اندازه جامعه آماری یا تعداد مزارع منطقه مورد

1-Medium-density fibreboard

مطالعه، t: ضریب اطمینان قابل قبول که با فرض نرمال بودن توزیع صفت مورد نظر از جدول تی استیودنت به‌دست می‌آید، S^2: برآورد واریانس صفت مورد مطالعه در جامعه؛ d: دقت احتمالی مطلوب (نصف فاصله اطمینان) و n: حجم نمونه است (Cochran, 1977).

ارزیابی چرخه‌حیات

در یک پروژه ارزیابی چرخه‌حیات تمام فرآیندهای تولید یک محصول از مرحله استخراج مواد اولیه تا دفع پسماندهای باقی‌مانده از مصرف آن محصول (گهواره تا گور) مورد بررسی قرار گرفته و نتایج حاصل از آن جهت کاهش تأثیرات مخرب زیست‌محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Auer et al., 2017). ارزیابی چرخه‌حیات دارای چهار مرحله الزامی می‌باشد. ساختار چرخه‌حیات در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱- ساختار ارزیابی چرخه‌حیات (Soleymani et al., 2017)

Fig. 1- Life cycle assessment structure (Soleymani et al., 2017)

تعریف هدف و دامنه[1]: اولین گام در روش ارزیابی چرخه‌حیات، تعریف هدف و مشخص کردن واحد کارکردی و تعیین مرز سیستم است. در این مرحله چهارچوب کلی کار که شامل واحدهای کارکردی، مرزهای سامانه، تخصیص منابع و انتخاب بخش‌های اثر[2] است، مشخص می‌شود (González-García et al., 2013). در این مطالعه، هدف بررسی اثرات زیست‌محیطی گروه‌های مختلف در بخش تولید نیشکر در مزارع پلنت و راتون به‌صورت جداگانه و هم‌چنین مقایسه آن‌ها از نظر میزان انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی می‌باشد. سه واحد کارکردی متفاوت برای ارزیابی محصولات کشاورزی بر اساس سطح، پول و جرم ماده تولیدی پیشنهاد شده است (Nemecek et al., 2011). در این پژوهش واحد کارکردی به‌صورت یک تن محصول تولیدی (نیشکر (ساقه تر)) در نظر گرفته شده است، بدین معنا که تمامی آلاینده‌های انتشار یافته بر پایه نهاده‌های مصرفی برای تولید یک تن محصول محاسبه و گزارش می‌شود. شکل ۲ طرح کلی از مرزهای سیستم برای مزارع نیشکر را نشان می‌دهد.

1- Goal and scope definition
2- Impact categories

شکل۲- مرز سامانه مورد مطالعه

Fig. 2- The system boundary of the studied

تحلیل سیاهه چرخه‌حیات[1] : در این مرحله، منابع استفاده شده و انتشار آلاینده‌ها در کل یا بخشی از دوره حیات محصول که با توجه به مرزهای سامانه تعیین می‌شوند، در نظر گرفته می‌شود (Kylili et al., 2016). هم‌چنین در این بخش، میزان مصرف نهاده‌ها تعیین و برحسب واحد کارکردی محاسبه می‌شود. کیفیت داده‌های جمع‌آوری شده به‌منظور تحلیل سیاهه چرخه‌حیات در اجرای موفق ارزیابی چرخه‌حیات همواره یک عامل بحرانی محسوب می‌شود. دستیابی به داده‌های معتبر عامل مهمی در پیشرفت و استفاده از ارزیابی چرخه‌حیات در مدیریت محیط‌زیست است (Manfredi & Vignali, 2014). نهاده‌های ورودی و خروجی و متوسط مقادیرشان در هکتار که به‌عنوان بخشی از سیاهه چرخه‌حیات برای تولید نیشکر به‌کار رفتند در جدول ۱، و بخش‌های اثر بهره گرفته در این مطالعه و واحدهای سنجش آن‌ها نیز در جدول ۲ آمده‌اند. هم‌چنین در جدول ۳ انتشارات مربوط به آلاینده‌های مستقیم در تولید نیشکر آورده شده است.

ارزیابی تأثیرات چرخه‌حیات: در این مرحله اثرات بالقوه ناشی از مصرف منابع محیطی و تولید آلاینده‌ها بر انسان و طبیعت ارزیابی می‌گردد (Romero-Gámez et al., 2012). در واقع هدف از ارزیابی اثرات چرخه‌حیات تفسیر بیشتر داده‌های سیاهه چرخه‌حیات است (Nasrollahi-Sarvaghaji et al., 2016). هم‌چنین به‌منظور تفسیر نتایج، در این مرحله، انتشار آلاینده‌های مهم در بخش‌های اثرگذار خلاصه و ارائه می‌شود و در قسمت تفسیر نتایج، تمام نتایج به‌منظور نتیجه‌گیری و ارائه راهکارها مورد تحلیل قرار می‌گیرد (Guinée, 2002). در این مطالعه، ارزیابی اثرات زیست‌محیطی بر اساس روش CML 2 Baseline 2000 V2.05/ universe method انجام شد.

1- Inventory analysis

جدول ۱- نهاده‌های ورودی و خروجی و مقدار متوسط آن‌ها در یک هکتار نیشکر (ساقه تر) تولید شده

Table 1- Input and output and their average value per one hectare of sugarcane (fresh stem) produced

نهاده‌ها	مقدار در هکتار Quantity per hectare		واحد Unit
	مزارع پلنت Plant farms	مزارع راتون* Ratoon farms*	
ورودی‌ها Inputs			
نیروی انسانی Human labor	184.54	127.42	hr
ماشین‌های کشاورزی Agricultural machinery	761.59	413.98	$kg.yr^{-1}$
سوخت دیزل Diesel fuel	363.57	172.78	L
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers			kg
نیتروژن Nitrogen	184.02	167.94	
فسفات Phosphate	162.66	-	
سموم شیمیایی Biocides	26.10	22.30	kg
آب آبیاری Water for irrigation	24230.75	21940.75	m^3
الکتریسیته Electricity	7125.60	5621.83	kwh
قلمه نیشکر Sugarcane cutting plant	9371.52	-	kg
ستانده Output			
نیشکر (ساقه تر) Sugarcane (Fresh stem)	100000	82375	kg

* در منطقه مورد مطالعه مزارع راتون چهار ساله هستند.

* In the studied area, ratoon farms are four years old.

این روش توسط پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه لیدن[1] هلند ارائه شده و یکی از روش‌هایی است که بیشتر برای استفاده در سطح بین‌المللی طراحی شده و اختصاص به منطقه خاصی ندارد(Guinée, 2002). روش مذکور شامل ۱۰ طبقه اثر تخلیه مواد غیرآلی، اسیدی شدن، اختناق دریاچه‌ای، پتانسیل گرمایش جهانی، نقصان لایه ازن، مسمومیت انسان‌ها، مسمومیت آب‌های سطحی، مسمومیت آب‌های آزاد، مسمومیت خاک و اکسیداسیون فتوشیمیایی می‌باشد (Milutinović et al., 2017; Romero-Gámez et al., 2012) و جهت ارزیابی اثرات چرخه‌حیات سناریوهای تحت مطالعه (مزارع پلنت و راتون)، داده‌های به‌دست آمده از مرحله سیاهه چرخه‌حیات وارد نرم‌افزار Simapro V8.0.3.14 شد. این نرم‌افزار یکی از پرکاربردترین و محبوب‌ترین نرم‌افزارهای ارزیابی چرخه‌حیات می‌باشد (Kaab et al., 2019; Mousazadeh et al., 2011).

تلفیق و تفسیر نتایج: این مرحله، آخرین مرحله شاخص زیست‌محیطی تحت عنوان شاخص بوم‌شناخت (EcoX)[2] که معیار نهایی ارزیابی چرخه‌حیات و نشان‌دهنده مجموع اثرات

1- Leiden

2- Eco-Index

زیست‌محیطی انتشار انواع آلاینده‌ها می‌باشد، با استفاده از معادله ۲ محاسبه شد (Mollafilabi, 2019).

$$EcoX = \sum N_i \times W_i$$ معادله (۲)

که در این معادله، $EcoX$: شاخص محیطی بوم‌شناخت به‌ازای واحد کارکردی یک تن نیشکر (ساقه تر)، N_i: مقدار نرمال شده مربوط به هر گروه تأثیر، W_i وزن مربوط به هر یک از مقادیر N_i می‌باشد.

جدول ۲- بخش‌های اثر، نماد و واحد هرکدام از آن‌ها

Table 2- Impact categories, symbol and unit of each of them

بخش‌های اثر Impact categories	نماد Symbol	واحد Unit
تخلیه مواد غیر آلی Abiotic depletion	AD	kg Sb eq.
اسیدی شدن Acidification	AC	kg SO_2 eq.
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	EU	kg $(PO_4)^{-3}$ eq.
گرمایش جهانی Global warming	GW	kg CO_2 eq.
نقصان لایه ازن Ozone layer depletion	OD	kg CFC11 eq.
مسمومیت انسان‌ها Human toxicity	HT	kg 1,4-DB eq.
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater aquatic ecotoxicity	FAET	kg 1,4-DB eq.
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotoxicity	MAET	kg 1,4-DB eq.
مسمومیت خاک Terrestrial ecotoxicity	TE	kg 1,4-DB eq.
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	PhO	kg C_2H_4 eq.

شبکه عصبی مصنوعی

در این قسمت برای پیش‌بینی میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی محصول با توجه به نهاده‌های مصرفی مختلف در تولید نیشکر برای مزارع پلنت و راتون از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد. ساختار شبکه در مزارع پلنت شامل نه ورودی (ماشین‌های کشاورزی، نیروی انسانی، سوخت دیزل، الکتریسیته، قلمه نیشکر، سموم شیمیایی، آب مصرفی، کود نیتروژن و کود فسفات) و شامل ۱۰ خروجی (شاخص‌های زیست‌محیطی) است، امّا در مزارع راتون ساختار شبکه شامل هفت ورودی (ماشین‌های کشاورزی، نیروی انسانی، سوخت دیزل، الکتریسیته، سموم شیمیایی، آب مصرفی و کود فسفات) و شامل ۱۰ خروجی (شاخص‌های زیست‌محیطی) می‌باشد. این شبکه‌ها قادر هستند هر رابطه بین ورودی و خروجی را با دقت دلخواه تخمین بزنند. برای دستیابی به بهترین شبکه با بیشترین دقت و کمترین خطا ایجاد تغییراتی در شبکه اجتناب‌ناپذیر خواهد بود. یکی از این تغییرات چیدمان شبکه یا به‌عبارتی تعداد لایه‌های مخفی به‌کار رفته در شبکه است. تغییر دیگر شامل نوع تابع فعال‌سازی یا محرک[1] است. توابع محرک مختلفی برای یافتن حالت بهینه مورد ارزیابی قرار می‌گیرند که عبارت‌اند از معادله‌های ۳تا۵ : (Safa & Samarasinghe, 2011):

1- Activation function

جدول ۳- انتشارات مستقیم مزرعه‌ای تولید نیشکر (مزارع پلنت و راتون) (Renouf et al., 2010)

Table 3- Direct emissions from sugarcane production (plant and ratoon farms) (Renouf et al., 2010)

انتشارات مستقیم Direct emissions	واحد Unit	مقدار Quantity
انتشار به هوا **Emissions to air**		
متان Methane (CH_4)	$g.t^{-1}$ cane	90
دی نیتروژن مونو اکسید Nitrous oxide (N_2O)	$g.t^{-1}$ cane	6
نیتروژن اکسید Nitrogen oxide (NO_X)	$g.t^{-1}$ cane	33
آمونیاک و آمونیوم Ammonia (NH_3 and NH_4)	$g.t^{-1}$ cane	120
کربن مونو اکسید Carbon monoxide (CO)	$g.t^{-1}$ cane	3944
سولفور اکسید Sulfur oxide (SO_X)	$g.t^{-1}$ cane	41
ترکیبات آلی فرار بدون متان NMVOC [1]	$g.t^{-1}$ cane	204
فسفر Phosphorous (P)	% applied P	0.59
انتشار به آب **Emissions to water**		
آب‌شویی نیترات از طریق leaching Nitrate via	% appl.N (as NO_3-N)	6.5
فسفر حاصل از رواناب Phosphorous via runoff	% appl. P (as P)	12.8
آفت‌کش حاصل از رواناب Pesticide via runoff	% active ingredient	1.5
قند حاصل از رواناب Sugar via runoff	kg $COD^2.ton^{-1}$ cane	4.3
انتشار به خاک **Emissions to soil**		
دی نیتروژن مونو اکسید N_2O	% appl. N (as N_2O–N)	1.72
دی نیتروژن مونواکسید N_2O	%deposited NO_X–N and NH_3–N	2.58
نیتروژن اکسید NO_X	% appl. N (as NOx–N)	4.51
کربن دی اکسید حاصل از آهک دهی CO_2 from liming	t $CO_2.t^{-1}$ lime	0.4
آمونیاک حاصل از اوره NH_3 from urea	% appl. Urea N (as NH_4–N)	2.5

1- Non-methane volatile organic compound

2- Chemical oxygen demand

معادله (۳) تابع سیگموئید[1]

$$Y_j = \frac{1}{1+\exp(-X_j)}$$

معادله (۴) تابع تانژانت هایپربولیک[2]

$$Y_j = \frac{2}{(1+\exp(-2X_j))} - 1$$

معادله (۵) تابع خطی

$$Y_j = X_j$$

X_j مجموع ورودی‌های وزن‌دار هر یک از نرون‌های لایه j ام است و از معادله ۶ محاسبه می‌شود (Kiani et al., 2010).

معادله (۶)

$$X_j = \sum_{i=1}^{m} W_{ij} \times Y_j + b_j$$

که برای شبکه‌های پس انتشار پیشرو و پیشخور، m: تعداد نرون‌های لایه خروجی، W_{ij}: وزن بین لایه i ، j و Y_j خروجی نرون i ام و bj: مقدار بایاس نرون لایه j امست.

در این تحقیق از الگوریتم‌های آموزش لونبرگ- مارکوات (LM)[3] برای به‌هنگام‌سازی وزن‌های شبکه عصبی مصنوعی استفاده شد که از الگوریتم‌های پرکاربرد می‌باشند؛ چون آموزش شبکه را بسیار سریع انجام داده و سطح خطای موجود را حداقل می‌سازند. برای یافتن شبکه‌ای با توپولوژی مناسب به‌کمک الگوریتم‌های آموزش، از معیارهای ضریب تعیین (R^2) (معادله ۷)، جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) (معادله ۸) و میانگین خطای مطلق (MAPE) (معادله ۹) استفاده شده است (Renno et al., 2016).

معادله (۷)

$$R^2 = 1 - \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} A_i^2}}$$

معادله (۸)

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i}^{n}(P_i - A_i)^2}$$

معادله (۹)

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}\left(\frac{|(P_i - A_i)|}{A_i} \times 100\right)$$

در روابط ۵ تا ۷، Ai و Pi: به‌ترتیب مقادیر پیش‌بینی شده و واقعی شاخص‌های زیست‌محیطی برای کل مشاهدات است. N: تعداد کل مشاهدات موردبررسی، R^2: ضریب تعیین، $RMSE$: جذر میانگین مربعات خطا و $MAPE$: جذر میانگین خطای مطلق است که در این جهت بررسی مدل پیش‌بینی شده مورد ارزیابی قرار گرفتند. جهت مدل‌سازی و پیش‌بینی میزان آلاینده‌های زیست‌محیطی از نرم‌افزار Matlab (R2016b) استفاده شد.

نتایج و بحث

ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید نیشکر

به‌منظور ارزیابی انتشار آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر، کل چرخه‌حیات محصول مورد مطالعه از استخراج منابع اولیه تا برداشت محصول در مزرعه، در مزارع پلنت و راتون به‌طور جداگانه مورد مطالعه قرار گرفت. به‌منظور دستیابی به اطلاعات مورد نیاز از پایگاه داده‌ای Ecoinvent استفاده شد و آنالیز داده‌ها با نرم‌افزار Simapro انجام گردید. تمامی محاسبات بر اساس یک تن محصول تولید شده انجام شده است. پس از آن یک مقایسه کلی میان مزارع پلنت و راتون از نظر میزان آلایندگی تولید شده در یک هکتار انجام گرفته است. میزان انتشار در هر بخش اثر به‌ازای یک تن نیشکر تولید شده در جدول ۴ نشان داده شده است.

همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، مزارع راتون در تمام بخش‌های اثر بارهای محیطی کمتری نسبت به مزارع پلنت تولید می‌کند. یکی از مهم‌ترین بخش‌های اثر مورد بررسی در این مطالعه، پتانسیل گرمایش جهانی می‌باشد. در این مطالعه میزان پتانسیل گرمایش جهانی به‌ازای هر یک تن محصول تولیدی در مزارع پلنت و مزارع راتون به‌ترتیب، برابر ۱۲۶/۵۱ و ۱۰۳/۹۵ کیلوگرم معادل کربن دی اکسید برآورد شده است. این انتشارها ناشی از آتش زدن سرشاخه‌های نیشکر قبل از برداشت می‌باشد و هم‌چنین بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد بیشترین تأثیر در این بخش مربوط به ماشین‌های کشاورزی و الکتریسیته می‌باشد.

شکل ۳ و ۴ سهم هر یک از نهاده‌های ورودی و هم‌چنین نیشکر خروجی را در هر یک از بخش‌های اثر به‌ترتیب در مزارع پلنت و مزارع راتون نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌گردد ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن در تمام بخش‌های اثر بیشترین تأثیر را در افزایش شاخص‌های به‌دست آمده، داشته است.

2- Logsig
3- Tansig
4- Levenberg- Marquardt

جدول ٤- شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر به‌ازای یک تن نیشکر (ساقه تر) در مزارع پلنت و راتون

Table 4- Environmental indicators for sugarcane production per one ton of sugarcane (fresh stem) in plant and ratoon farms

بخش‌های اثر Impact categories	واحد Unit	مزارع پلنت Plant farms	مزارع راتون Ratoon farms
تخلیه مواد غیرآلی Abiotic depletion	kg Sb eq.	0.80	0.63
اسیدی شدن Acidification	kg SO_2 eq.	0.516	0.34
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	kg PO^{-3}_4 eq.	0.165	0.097
گرمایش جهانی Global warming	kg CO_2 eq.	126.51	103.95
نقصان لایه ازن Ozone layer depletion	kg CFC-11 eq.	0.000011	0.00000104
مسمومیت انسان‌ها Human Toxicity	kg 1,4-DCB eq.	111.93	64.42
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	29.30	19.34
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	51636.91	35448.06
مسمومیت خاک Terrestrial Ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	1.42	0.416
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	kg C_2H_4 eq.	0.12	0.03

شکل ۳- بخش‌های اثر به‌ازای یک تن نیشکر (ساقه تر) در مزارع پلنت

Fig. 3- Impact categories per one ton of sugarcane (fresh stem) in plant farms

شکل ٤- بخش‌های اثر به‌ازای یک تن نیشکر (ساقه تر) در مزارع راتون

Fig. 4- Impact categories per one ton of sugarcane (fresh stem) in ratoon farms

سموم شیمیایی بیشترین تأثیر را بر نقصان لایه ازن داشته است. در بخش پتانسیل گرمایش جهانی بیشترین سهم را الکتریسیته به میزان ۳۶/۸ درصد و ۴۲/۹۲ درصد و پس از آن ماشین‌های کشاورزی به میزان ۳۵/۵ درصد و ۲۸/۸ درصد به ترتیب در مزارع پلنت و مزارع راتون داشته است. نتایج بررسی میزان بار زیست‌محیطی وارد شده از طرف نهاده‌ها در سامانه مورد مطالعه، نشان می‌دهد که در اکثر بخش‌ها، ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن بیشترین بار زیست‌محیطی را به خود اختصاص داده است. البته در بخش اثر پتانسیل گرمایش جهانی الکتریسیته بیشترین بار زیست‌محیطی را دارا بوده است. هم‌چنین در بخش اثر نقصان لایه ازن سموم شیمیایی تأثیر بسزایی داشته‌اند.

به‌منظور تفسیر بهتر نتایج واحد عملکردی دیگر به‌عنوان واحد سطح نیز در نظر گرفته شد. بدین معناست که تمامی شاخص‌ها به ازای یک هکتار محصول تولیدی محاسبه شد. هنگامی‌که واحد عملکردی بر اساس واحد سطح مورد محاسبه قرار می‌گیرد تفاوت محصولات مختلف از نظر میزان عملکرد متفاوت در نتایج نادیده گرفته می‌شوند. شکل ۵ مقایسه بین مزارع پلنت و راتون را از نظر میزان آلایندگی در واحد سطح نشان می‌دهد. همان‌گونه که در شکل دیده می‌شود، مزارع پلنت نسبت به مزارع راتون بارهای محیطی بیشتری تولید می‌کنند. این نتایج با توجه به اینکه در مزارع پلنت عملیات‌های کشاورزی بیشتری در مقایسه با مزارع راتون انجام می‌شود، لذا آلاینده‌های زیست‌محیطی بیشتری در مزارع پلنت نسبت به مزارع راتون در تولید نیشکر به‌وجود می‌آید، در نتیجه برای کاهش این آلایندگی‌ها در مزارع پلنت، انجام عملیات‌های کشاورزی باید به حداقل برسد و در واقع از انجام عملیات خاک‌ورزی متعدد جلوگیری شود و حداقل خاک‌ورزی و یا بی‌خاک‌ورزی در دستور کار قرار گیرد.

مجموع شاخص زیست‌محیطی

نتایج مجموع شاخص زیست‌محیطی نیشکر (ساقه تر) تولید شده در مزارع پلنت برابر با ۰/۴۵ EcoX به‌ازای یک تن نیشکر (ساقه تر) تولیدی محاسبه گردید که حدود ۳۲ درصد بالاتر از مجموع این شاخص در مزارع راتون می‌باشد. سهم گروه‌های مختلف تحت تأثیر مورد مطالعه از شاخص‌های زیست‌محیطی در مزارع پلنت به مراتب بالاتر از مزارع راتون بود. این مقادیر در مزارع پلنت برای شاخص‌های مسمومیت آب‌های آزاد، پتانسیل گرمایش جهانی و مسمومیت انسان‌ها به‌ترتیب ۰/۶۴، ۰/۳۶ و ۰/۱۵ EcoX و در مزارع راتون این

شاخص‌ها به‌ترتیب ۰/۴۲، ۰/۲۶ و ۰/۰۹ به ازای یک تن نیشکر (ساقه تر) بیشترین سهم در مقایسه با شاخص‌های دیگر داشتند. با توجه به این نتایج مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی به‌خصوص کود نیتروژن به‌دلیل پتانسیل بالاتر بروز آلودگی‌های زیست‌محیطی، سبب افزایش بروز تشدید اثرات زیست‌محیطی می‌شود. راهکار پایدار جهت کاهش اثرات زیست‌محیطی تولید نیشکر، افزایش کارآیی مصرف منابع می‌باشد.

شکل ۵- مقایسه اثرات زیست محیطی بین مزارع پلنت و مزارع راتون در تولید نیشکر

Fig. 5- Comparison of environmental impacts between plant and ratoon farms in sugarcane production

در مطالعه‌ای با بررسی اثرات زیست‌محیطی تولید آفتابگردان و کلزا بیان داشتند، بالاترین اثرات زیست‌محیطی برای گروه‌های تأثیر گرمایش جهانی و اوتریفیکاسیون حاصل گردید. دلیل این امر را به تولید و مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی و عملیات خاک‌ورزی نسبت دادند (Iriarte et al., 2010). در پژوهش‌های انجام شده دیگر، شاخص‌های زیست‌محیطی در تولید یک تن چغندرقند برای گرمایش جهانی، اسیدیته، تخلیه منابع فسیلی و تخلیه منابع آبی به‌ترتیب ۰/۰۰۰۳، ۰/۰۰۲، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۷۳ به‌دست آمد و این شاخص‌ها نشان می‌دهد که در تولید یک تن چغندرقند تخلیه منابع آبی نسبت به سایر اثرات، دارای کارایی آسیب زیست‌محیطی بیشتری می‌باشد (Mirhaji et al., 2012). در مطالعه‌ای جهت ارزیابی تأثیرات زیست‌محیطی تولید خیار و گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای گاز طبیعی و الکتریسیته بیشترین بار زیست‌محیطی در مرحله تولید تا مصرف را بر روی آلایندگی‌های منتشر شده از خود نشان داده‌اند (Khoshnevisan et al., 2014). در مطالعه‌ای برای تولید عدس و نخود زراعی نتایج نشان داد که برای تولید یک تن محصول عدس، انتشارات مستقیم ناشی از مصرف نهاده‌ها، کاربرد ماشین‌های کشاورزی، کود نیتروژن و کود دامی به‌ترتیب با ۴۲ درصد، ۳۲ درصد، ۱۰ درصد و هفت درصد و برای کشت یک تن نخود زراعی همین نهاده‌ها به‌ترتیب با ۴۴ درصد، ۲۵ درصد، نه درصد و ۱۲ درصد بیشترین تأثیر را بر مجموع ۱۰ شاخص زیست‌محیطی داشته است (Elhami et al., 2016 a,b).

جدول ۵- عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای ارزیابی مدل‌سازی شاخص‌های زیست‌محیطی تولید نیشکر در مزارع پلنت

Table 5- Artificial neural network performance for modeling the environmental indicators of sugarcane production in planted farms

عنوان Title			آموزش Train			آزمون Test			کل Overall		
	NH_1*	NH_2**	MAPE (%)	RMSE	R^2	MAPE (%)	RMSE	R^2	MAPE (%)	RMSE	R^2
تخلیه مواد غیرآلی Abiotic depletion	10	5	0.14	0.132	0.964	0.540	0.089	0.974	0.60	0.125	0.970
اسیدی شدن Acidification	10	5	0.007	0.116	0.981	0.740	0.091	0.983	0.009	0.106	0.992
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	10	5	0.176	0.111	0.984	0.894	0.112	0.985	0.564	0.115	0.992
گرمایش جهانی Global warming	10	5	0.005	0.105	0.986	0.074	0.168	0.981	0.064	0.132	0.989
نقصان لایه ازن Ozone layer depletion	10	5	0.015	0.163	0.964	0.043	0.198	0.943	0.054	0.175	0.953
مسمومیت انسان‌ها Human toxicity	10	5	0.028	0.254	0.896	0.016	0.163	0.912	0.032	0.138	0.960
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater aquatic ecotoxicity	10	5	0.187	0.112	0.963	0.990	0.106	0.974	0.860	0.099	0.978
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotoxicity	10	5	0.113	0.124	0.979	0.086	0.138	0.973	0.115	0.126	0.960
مسمومیت خاک Terrestrial ecotoxicity	10	5	0.009	0.098	0.986	0.013	0.102	0.984	0.011	0.095	0.983
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	10	5	0.009	0.125	0.973	0.009	0.113	0.988	0.008	0.113	0.980

*: تعداد نرون‌های لایه مخفی اول

*: Number of first hidden layer neurons

**: تعداد نرون‌های لایه مخفی دوم

**: Number of secondary hidden layer neurons

رزیابی مدل‌سازی آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید نیشکر

به‌منظور دستیابی به بهترین ساختار شبکه عصبی، تعداد مختلفی از ساختارها با یک و دو لایه و با تعداد نرون‌های یک تا ۳۰ در لایه‌ی مخفی آموزش داده‌شده، آزمون و اعتبارسنجی شده‌اند و هم‌چنین از بین الگوریتم‌های آموزش مورد استفاده در این تحقیق، الگوریتم آموزش لونبرگ- مارکوات انتخاب گردید. از مجموعه داده‌های استفاده شده در این مدل۷۰ درصد داده‌ها برای آموزش شبکه، ۱۵ درصد داده‌ها برای آزمون اعتبارسنجی[1] و ۱۵ درصد آن‌ها برای آزمون در نظر گرفته شد. نتایج حاصل از این دو مدل در مزارع پلنت و راتون به‌ترتیب در جدول‌های ۵ و ۶ ارائه شده است.

بر اساس نتایج، در مدل‌سازی برای تولید نیشکر در مزارع پلنت ساختار ۱۰-۵-۱۰-۹ با نه ورودی، دو لایه مخفی با ۱۰ و پنج نرون مخفی و ۱۰ پارامتر خروجی به‌عنوان بهترین ساختار تعیین شده است. برای این ساختار R^2، RMSE و MAPE محاسبه شد که ضریب R^2 برای شاخص مسمومیت انسان‌ها و مسمومیت آب‌های آزاد با ۰/۹۶۰ کمترین مقدار، RMSE برای این شاخص‌ها (۰/۱۳۸ و ۰/۱۲۶) و برای شاخص اسیدی شدن و اختناق دریاچه‌ای با ۰/۹۹۲ بیشترین مقدار، RMSE (۰/۱۰۶ و ۰/۱۱۵) محاسبه گردید. سایر مقادیر R^2، RMSE و MAPE برای داده‌های آموزش و آزمون در مزارع پلنت در جدول ۵ نشان داده شده است. هم‌چنین در مدل‌سازی برای تولید نیشکر در مزارع راتون ساختار۱۰- ۶- ۹-۷ با هفت ورودی، دو لایه مخفی با نه و شش نرون مخفی و ۱۰ پارامتر خروجی به‌عنوان بهترین ساختار تعیین شده است. برای این ساختار R^2، RMSE و MAPE، ضریب R^2 برای شاخص اختناق دریاچه‌ای با ۰/۹۸۵ کمترین مقدار، RMSE برای این شاخص ۰/۱۶۴ و برای شاخص اسیدی شدن ۰/۹۹۵بیشترین مقدار، RMSE برای این شاخص ۰/۱۱۶ محاسبه گردید. سایر مقادیر R^2، RMSE و MAPE برای داده‌های آموزش و

1- Validation test

آزمون در مزارع راتون در جدول ۶ نشان داده شده است. با توجه به مقادیر R^2 که توسط مدل شبکه عصبی مصنوعی به‌دست آمد، این شبکه‌ها قادر به پیش‌بینی مزارع نیشکر با دقت بالایی هستند. امّا با توجه به مدل به‌دست آمده برای مزارع راتون در مقایسه با مزارع پلنت در تمام شاخص‌های زیست‌محیطی با دقت بالاتری پیش‌بینی می‌کند. شکل ۶ مقایسه R^2 بین مزارع پلنت و راتون را نشان می‌دهد.

جدول ٦- عملکرد شبکه عصبی مصنوعی برای مدل‌سازی شاخص‌های زیست‌محیطی تولید نیشکر در مزارع راتون

Table 6- Artificial neural network performance for modeling the environmental indicators of sugarcane production in ratoon farms

عنوان Title			آموزش Train			آزمون Test			کل Overall		
	NH_1*	NH_2**	MAPE (%)	RMSE	R^2	MAPE (%)	RMSE	R^2	MAPE (%)	RMSE	R^2
تخلیه مواد غیرآلی Abiotic depletion	9	6	0.046	0.234	0.978	0.041	0.236	0.926	0.069	0.135	0.986
اسیدی شدن Acidification	9	6	0.007	0.146	0.974	0.005	0.096	0.991	0.088	0.116	0.995
اختناق دریاچه‌ای Eutrophication	9	6	0.016	0.156	0.963	0.074	0.115	0.974	0.118	0.164	0.985
گرمایش جهانی Global warming	9	6	0.143	0.147	0.982	0.127	0.136	0.986	0.022	0.153	0.992
نقصان لایه ازن Ozone layer depletion	9	6	0.009	0.113	0.982	0.114	0.235	0.936	0.069	0.146	0.991
مسمومیت انسان‌ها Human toxicity	9	6	0.016	0.179	0.978	0.019	0.186	0.972	0.029	0.158	0.975
مسمومیت آب‌های سطحی Freshwater aquatic ecotoxicity	9	6	0.036	0.148	0.976	0.018	0.142	0.954	0.036	0.139	0.986
مسمومیت آب‌های آزاد Marine aquatic ecotoxicity	9	6	0.052	0.123	0.978	0.009	0.156	0.942	0.115	0.142	0.995
مسمومیت خاک Terrestrial ecotoxicity	9	6	0.116	0.189	0.986	0.098	0.213	0.964	0.039	0.132	0.989
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	9	6	0.006	0.148	0.942	0.014	0.106	0.985	0.043	0.128	0.992

*: تعداد نرون‌های لایه مخفی اول

**: تعداد نرون‌های لایه مخفی دوم

*: Number of first hidden layer neurons

**: Number of secondary hidden layer neurons

در مطالعات دیگر شبکه عصبی مصنوعی، خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2013) به مدل‌سازی عملکرد و انتشار گازهای گلخانه‌ای (CO_2) بر روی محصول گندم در شهرستان فریدون‌شهر پرداختند. بهترین ساختار با آرایش ۲- ۳- ۱۱ معرفی شد که مقادیر R^2، RMSE و MAPE مربوط به این ساختار به‌ترتیب برابر با ۰/۹۹، ۰/۱۰۵ و ۰/۷۳ برای عملکرد و ۰/۹۹۸، ۰/۰۳۲ و ۰/۲۴ برای فاکتور CO_2 منتشر شده برآورد گردید. خانعلی و همکاران (Khanali et al., 2017) در تحقیقی به مدل‌سازی عملکرد و اثرات زیست‌محیطی در تولید چای (*Camellia sinensis*) اقدام نمودند. مقادیر R^2، RMSE و MAPE مربوطه به ترتیب برابر با مقادیر بین ۰/۸۸۷ تا ۰/۹۹۰ و ۰/۰۵۳ تا ۰/۱۲۴ و ۰/۰۰۲ تا ۰/۰۱۹ برای مدل‌های توسعه یافته شبکه‌های عصبی در سه نوع چای پردازش شده، برآورد گردید.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی تولید نیشکر با رویکرد چرخه‌حیات و برآورد انتشار آلاینده‌های منتشر شده با توجه به نهاده‌های ورودی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در شرکت کشت و صنعت امام خمینی (ره) پرداخته شد. نتایج حاصل از ارزیابی چرخه‌حیات محصول تحت مطالعه نشان داد که میزان پتانسیل گرمایش جهانی به ازای یک تن نیشکر تولیدی در مزارع پلنت و مزارع راتون به‌ترتیب، برابر با ۱۲۶/۵۱ و ۱۰۳/۹۵ کیلوگرم معادل کربن‌دی‌اکسید برآورد شده است.

شکل ٦- مقایسه بین ضریب تعیین در مزارع پلنت و مزارع راتون با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی

Fig. 6- Comparison between the coefficient of determination in plant and ratoon farms using artificial neural network

بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد ماشین‌های کشاورزی و کود نیتروژن در تمام بخش‌های اثر بیشترین تأثیر را در افزایش شاخص-های به‌دست آمده داشته است. سموم شیمیایی بیشترین تأثیر را بر نقصان لایه ازن داشته است. در بخش پتانسیل گرمایش جهانی بیشترین سهم را الکتریسیته به میزان ۳۶/۸ درصد و ۴۲/۹۲ درصد و پس از آن ماشین‌های کشاورزی به‌میزان ۳۵/۵ درصد و ۲۸/۸ درصد به‌ترتیب در مزارع پلنت و مزارع راتون داشته است. هم‌چنین نتایج مجموع شاخص زیست‌محیطی نیشکر تولید شده در مزارع پلنت برابر با ۰/۴۵ EcoX به‌ازای یک تن نیشکر تولیدی محاسبه گردید که حدود ۳۲ درصد بالاتر از مجموع این شاخص در مزارع راتون می‌باشد. نتایج مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که بهترین ساختار برای شبکه عصبی جهت پیش‌بینی آلاینده‌های زیست‌محیطی تولید نیشکر، ساختار ۱۰- ۵- ۱۰- ۹ برای مزارع پلنت و ساختار۱۰- ۶- ۹- ۷ برای مزارع راتون تخمین زده شد. هم‌چنین نتایج مقایسه مدل‌سازی آلاینده‌های منتشر شده برای مزارع پلنت و راتون نشان داد که شبکه‌های عصبی قادر به‌پیش‌بینی آلایندگی است که مدل به‌دست آمده برای مزارع راتون نسبت به مزارع پلنت را با دقت بالاتری پیش‌بینی و مدل‌سازی می‌کند. جلوگیری از آتش زدن سرشاخه‌های نیشکر قبل از برداشت، کاهش مصرف الکتریسیته، کودهای شیمیایی، آب آبیاری و استفاده کمتر از ماشین‌های کشاورزی و به‌کار بردن ماشین‌های کم‌خاک‌ورزی یکی از راه‌های مهم مدیریت بهتر کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی در تولید نیشکر منطقه مورد بررسی است. بدین منظور، با تجزیه و تحلیل پارامترهای خاک برای تعیین نیازهای خاک (کاهش تولید آلایندگی در اثر مصرف بالای کود شیمیایی)، استفاده از پمپ‌ها با بازدهی بالا و اصلاح سیستم آبیاری می‌توان میزان نشر آلاینده‌های زیست‌محیطی را به‌صورت چشم‌گیری کاهش داد.

سپاسگزاری

از گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشکده مهندسی و

فناوری دانشگاه تهران به‌خاطر تأمین اعتبار مورد نیـاز ایـن تحقیـق و خمینی (ره) تشکر و قدردانی می‌گردد.
هم‌چنین از مسئولین و مهندسین شرکت کشت و صنعت نیشـکر امـام

References

Antanasijević, D., Pocajt, V., Ristić, M., and Perić-Grujić, A., 2015. Modeling of energy consumption and related GHG (greenhouse gas) intensity and emissions in Europe using general regression neural networks. Energy 84: 816-824.

Auer, J., Bey, N., and Schäfer, J.M., 2017. Combined life cycle assessment and life cycle costing in the Eco-Care-Matrix: A case study on the performance of a modernized manufacturing system for glass containers. Journal of Cleaner Production 141: 99-109.

Cochran, W.G., 1977. The estimation of sample size. Sample Technology 3: 72-90.

Elhami, B., Akram, A., and Khanali, M., 2016b. Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. Information Processing in Agricultures 3(3): 190-205.

Elhami, B., Khanali, M., and Akram, A., 2016a. Combined application of artificial neural networks and life cycle assessment in lentil farming in Iran. Information Processing in Agricultures 4: 18–32.

FAO., 2016. Food and Agricultural Organization Statistical Yearbook, http://www.fao.org.

Ghaderpour, O., Rafiee, SH., and Sharifi, M., 2018. Life cycle assessment of alfalfa production and prediction of emissions using multi-layer Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System in Bukan Township. Journal of Agricultural Machinery 8(1): 119-136. (In Persian)

González-García, S., Bacenetti, J., Negri, M., Fiala, M., and Arroja, L., 2013. Omparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in Northern Italy. Journal of Cleaner Production 43: 71-83.

Guinée, J. B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., de Koning, K.R.A., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H., Bruijn, H., Duin, R.V., and Huijbregts, M.A.J., 2002. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands.

Haroni, S., Shiekhdavoodi, M.G., and Kiani, M., 2015. Modeling of energy consumption and greenhouse gas emissions in the sugarcane production process in ratoon farms using artificial neural networks. A case study in Debel Khazai Agro-industry in Iran. Iranian Journal of Agricultural Machinery 4(2): 11-19. (In Persian with English Summary)

Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X., 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. Journal of Cleaner Production 18(4): 336-345.

ISO., 2006. 14040 International standard. Environmental Management–Life Cycle Assessment–Principles and Framework, International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.

Kaab, A., Sharifi, M., and Mobli. H., 2019a. Analysis and optimization of energy consumption and greenhouse gas emissions in sugarcane production using data envelopment analysis. Iranian Journal of Biosystem Engineering 50(1):19–30. (In Persian with English Summary)

Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A., and Chau, K.W., 2019b. Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. Science of the Total Environment 664:1005–19.

Khanali, M., and Hosseinzadeh-Bandbafha, H., 2017. Evaluation of energy flow and environmental impacts of greenhouse production of medicinal plants with life cycle assessment approach case study of *Aloe vera* plant. Iranian Journal of Biosystem Engineering 48(3): 361-377. (In Persian with English Summary)

Khanali, M., Mobli, H., and Hosseinzadeh-Bandbafha, H., 2017. Modeling of yield and environmental impact categories in tea processing units based on artificial neural networks. Environmental Science and Pollution Research 24(34): 26324-26340.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S.H., Omid, M., and Mousazadeh, H., 2013. Applying data envelopment analysis approach to improve energy efficiency and reduce GHG (greenhouse gas) emission of wheat production. Energy 58: 588-593.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S.H., Omid, M., Mousazadeh, H., and Clark, S., 2014. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. Journal of Cleaner Production 73: 183-192.

Kiani, M.K.D., Ghobadian, B., Tavakoli, T., Nikbakht, A., and Najafi, G., 2010. Application of artificial neural networks for the prediction of performance and exhaust emissions in SI engine using ethanol-gasoline blends. Energy 35: 65-69.

Kouchaki-Penchah, H., Sharifi, M., Mousazadeh, H., and Zarea-Hosseinabadi, H., 2016a. Life cycle assessment of medium-density fiberboard manufacturing process in Iran. Journal of Cleaner Production 112: 351-358.

Kouchaki-Penchah, H., Sharifi, M., Mousazadeh, H., Zarea-Hosseinabadi, H., and Nabavi-Pelesaraei, A., 2016b. Gate to gate life cycle assessment of flat pressed particleboard production in Islamic Republic of Iran. Journal of Cleaner Production 112: 343-350.

Kylili, A., Christoforou, E., and Fokaides, P.A., 2016. Environmental evaluation of biomass pelleting using life cycle assessment. Biomass Bioenergy 84: 107-117.

Lin, P.L., Petway, J., and Settele, J., 2017. Train artificial intelligence to be fair to farming, nature international Journal of Science 334-552.

Manfredi, M., and Vignali, G., 2014. Life cycle assessment of a packaged tomato puree: a comparison of environmental impacts produced by different life cycle phases. Journal of Cleaner Production 73: 275-284.

Mila, I., Canals, L.M., Burnip, G.M., and Cowell, S.J., 2006. Evaluation of the environmental impacts of apple production using life cycle assessment (LCA): Case study in New Zealand. Agriculture, ecosystems and environment 114(2): 226-238.

Milutinović, B., Stefanović, G., Dekić, PS., Mijailović, I., and Tomić, M., 2017. Environmental assessment of waste management scenarios with energy recovery using life cycle assessment and multi-criteria analysis. Energy 137:917-926.

Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran., 2018. Center for Information and Communication Technology - Ministry of Agriculture, amar.maj.ir. (In Persian)

Mirhaji, H., Khojastehpour, M., Abbaspour-Fard, M.H., and Mahdavi-Shahri, S.M., 2012. Environmental impact assessment of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.) production with life cycle assessment method (Case study: South Khorasan province farms). Journal of Agroecology 4(2): 112-120. (In Persian with English Summary)

Mollafilabi, A., 2019. Comparison of environmental impacts for rice (*Oryza sativa* L.) agroecosystems in the first and second planting patters by using life cycle assessment (Case study: Sari county). Journal of Agroecology 10(4): 949-964. (In Persian with English Summary)

Mousavi-Avval, S.H., Rafiee, SH., Sharifi, M., and Hoseynpour, S., 2015. Energy and environmental life cycle assessment of canola production in Mazandaran province of Iran by applying two different approaches. Iranian Journal of Biosystem Engineering 46(3): 265-274. (In Persian with English Summary)

Mousazadeh, H., Keyhani, A., Javadi, A., Mobli, H., Abrinia, K., and Sharifi, A., 2011. Life cycle assessment of a solar assist plug-in hybrid electric tractor (SAPHT) in comparison with a conventional tractor. Energy Convers Manag 52(3): 1700-1710.

Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., Hosseinzadeh-Bandbafha, H., and Chau K.W., 2018. Integration of artificial intelligence methods and life cycle assessment to predict energy output and environmental impacts of paddy production. Science of the Total Environment 631–632: 1279–94.

Nasrollahi-Sarvaghaji, S., Alimardani, R., Sharifi, M., and Taghizadeh Yazdi, M.R., 2016. Comparison of the environmental impacts of different municipal solid waste treatments using life cycle assessment (LCA) (Case study: Tehran). Iranian Journal of Health and Environment 9(2): 273-88. (In Persian with English Summary)

Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., and Gaillard, G., 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. Agricultural Systems 104(3): 217-232.

Renno, C., Petito, F., and Gatto, A., 2016. ANN model for predicting the direct normal irradiance and the global radiation for a solar application to a residential building. Journal of Cleaner Production 135: 1298-1316.

Renouf, M.A., Wegener, M.K., and Pagan, R.J., 2010. Life cycle assessment of Australian sugarcane production with a focus on sugarcane growing. The International Journal of Life Cycle Assessment 15(9): 927-937.

Romero-Gámez, M., Audsley, E., and Suárez-Rey, E.M., 2012. Life cycle assessment of cultivating lettuce and escarole in Spain. Journal of Cleaner Production 73:193-203.

Safa, M., and Samarasinghe, S., 2011. Determination and modelling of energy consumption in wheat production using neural networks: “A case study in Canterbury province, New Zealand”. Energy 36: 5140-5147.

Soleymani, M., Keyhani, A., and Omid, M., 2017. Life cycle assessment of ethanol produced from sugarcane molasses in Iran. Journal of Agricultural Engineering 40(2): 13-27. (In Persian with English Summary)

Sugarcane Research Institue of Iran., 2018. Annual Statistics Report, www.sugarcane.ir (In persian)

Yousefi, R., 2011. Agricultural Mechanization, First Edition. Publication of Applied Higher Education Institution of Jihad Agriculture, Iran. p.361. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 87-106

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۰۶-۸۷

Life Cycle Assessment and Estimation of Environmental Pollutants Emission in Sugarcane Production (*Saccharum officinarum* L.) using Artificial Neural Network

A. Kaab[1], M. Sharifi[2*] and H. Mobli[3]
Submitted: 15-11-2018
Accepted: 26-05-2019

Kaab, A., Sharifi, M., and Mobli, H., 2020. Life cycle assessment and estimation of environmental pollutants emission in sugarcane production (*Saccharum officinarum* L.) using artificial neural network. Journal of Agroecology 12 (1): 87-106.

Introduction

Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) cultivation as a strategic product with a high sugar content and having side products can play a major role in addressing this need and disconnecting dependence. Life cycle assessment in recent years has become an appropriate tool for assessing environmental impacts in agricultural and food industries. The purpose of this study was to evaluate the environmental impacts of sugarcane production in Imam Khomeini Sugarcane Agro-Industrial Company (IKSAIC) with the life cycle approach and predict the amount of contaminants released according to inputs using artificial neural network.

Materials and Methods

This research was carried out in IKSAIC as one of the seven companies affiliated to the sugarcane development and related industries of Khuzestan province during 2017-2018. In a life cycle assessment project, all production processes of a product, from the stage of materials extraction to disposal of the remaining waste from the product (from cradle to grave) are reviewed and the results of the reduction of environmental degradation are used.

Each life cycle assessment project has four essential steps as follows:

1. Goal and scope definition
2. Life cycle inventory
3. Environmental impact assessment
4. Interpretation of results

Artificial neural network models were used to predict the environmental contamination of the product due to different inputs used in sugarcane production for plant and ratoon farms.

Results and Discussion

Assessment of environmental impacts of sugarcane production

In order to evaluate the reduction of environmental pollutants in sugarcane production, the entire life cycle of the product was investigated from primary sources extraction to harvesting in a field at plant and ratoon farms, separately. Ecoinvent databases were used to access needed information and data analysis was done with Simapro software.

In this study, the global warming potential per product in plant and ratoon farms is estimated to be equal to 126.51 and 103.95 kg CO_2, respectively, which is due to the burning of sugarcane branches before harvest. The studies also show that agricultural machinery and electricity have the most impact on this sector.

In order to better interpret the results of the other functional unit, it was considered as a unit of land. This means that all indicators were calculated per hectare of production. When the functional unit is calculated on the unit basis, the differences in the products are ignored for the different performance levels in the results.

1, 2 and 3- M.Sc. Graduated of Agricultural Mechanization Engineering, Associate Professor and Professor, Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran, Respectively.
(*- Corresponding Author Email: m.sharifi@ut.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.76629

Assessment modeling of environmental emissions sugarcane production

Based on the results, in modeling for sugarcane production in plant farms, 9-10-5-10 structures with nine inputs, two hidden layer with 10 as well as 5 secret neurons and 10 output parameters were identified as the best structure. For this structure, R^2, RMSE and MAPE were calculated. While the R^2 coefficient for the human toxicity index and the marine aquatic eco-toxicity were obtained with the lowest values of 0.960, RMSE for these indices were calculated as 0.138 and 0.126 respectively. Furthermore, highest values of R^2 coefficient for the acidification and eutrophication index of the lake were resulted about 0.992, whereas RMSE were computed about 0.106 and 0.115) respectively. Also, in modeling for sugarcane production in ratoon farms, the structure of 7-9-6-10 with seven inputs, two hidden layer with 9 and 6 secret neurons, and 10 output parameters are determined as the best structure. For this structure, R^2, RMSE and MAPE were calculated and R^2 coefficient was obtained with the lowest value of 0.985, while RMSE for this index was 0.164. In addition, R^2 for the acidification index was calculated with the highest value of 0.995, whereas the RMSE for this index was calculated to be 0.116.

Conclusion

The results of the evaluation of product life cycle showed that the global warming potential in plant and ratoon farms was estimated to be 126.51 and 103.95 kg CO_2, respectively. Results of artificial neural network modeling indicated that the best structure of the neural network to predict the environmental contaminants of sugarcane production, is 9-10-5-10 and 7-9-6-10 for plant farms and ratoon farms respectively.

Acknowledgements

Thanks and appreciation from the Department Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran for the credibility of this research, as well as the officials and engineers of Imam Khomeini Sugarcane Agro-Industrial Company (IKSAIC).

Keywords: Eco-Index, Global warming potential, Modeling, Plant farms, Ratoon farms

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 107-126

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 126-107

تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش آبی انتهای فصل

مریم نیازی‌اردکانی[1]، وحید براتی[2*]، احسان بیژن‌زاده[3] و علی بهپوری[2]

تاریخ دریافت: 1398/01/20
تاریخ پذیرش: 1398/04/10

نیازی اردکانی، م.، براتی، و.، بیژن‌زاده، ا. و بهپوری، ع. 1399. تأثیر منابع مختلف کود نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش آبی انتهای فصل. بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 126-107.

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر منابع مختلف نیتروژن و بقایای گیاهی بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) در شرایط تنش آبی آخر فصل، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب – دانشگاه شیراز در سال زراعی 97- 1396 انجام شد. تیمارها شامل دو سطح آبیاری [1- مطلوب: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و 2- تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله گل‌دهی (قطع آبیاری پس از مرحله گل‌دهی)] به‌عنوان کرت‌های اصلی و دو سطح بقایای گیاهی [1- حذف بقایا و 2- برگرداندن 30 درصد بقایای گندم به خاک] و چهار سطح کود [1- صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، 2- کاربرد 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، 3- استفاده تلفیقی از باکتری *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum brasilense*) و 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و 4- تلقیح بذرها با باکتری *آزوسپیریلوم*] که به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که قطع آبیاری پس از گل‌دهی، تنش آبی شدیدی را در مرحله‌ی پر شدن دانه بر گیاه جو وارد کرد و وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور در مترمربع را کاهش داد. برهم‌کنش تیمار آبیاری و منبع کود نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری مطلوب و استفاده تلفیقی از کود نیتروژن و باکتری (4049 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. اثر برهم‌کنش آبیاری × منبع کود نیتروژن نشان داد که تنش آبی عملکرد دانه را در همه سطوح کودی نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داد. امّا، این کاهش در تیمارهای مختلف کود نیتروژن متفاوت بود (24/1، 46/8، 44/3 و 22/1 درصد، به‌ترتیب در تیمارهای شاهد، نیتروژن خالص، تلفیقی و زیستی). با توجه به این‌که کمترین مقدار کاهش عملکرد دانه به‌واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از کود زیستی و سپس در شاهد رخ داد، می‌توان این تیمارهای کودی را برای استفاده در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: باکتری *آزوسپیریلوم*، تلقیح، شاخص برداشت، عملکرد زیست‌توده

مقدمه

استفاده نامناسب از نهاده‌های شیمیایی سبب بروز آسیب به موجودات سودمند خاک، تحلیل منابع غیرقابل‌تجدید، به خطر انداختن کیفیت آب و خاک و سلامت مصرف‌کنندگان شده است (Wallace et al., 2017). از طرفی فراهم نمودن غذای کافی و البته باکیفیت از مهم‌ترین چالش‌های پیش روی جهان امروز به‌شمار می‌رود؛ بنابراین، کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی به‌عنوان یک ضرورت در کشاورزی امروز جهان مطرح است (Andreson & Russell, 1964; Sharma, 2003). کشاورزی زیستی یک نظام تلفیقی کشاورزی بر پایه اصول بوم‌شناسی است که با روش‌های مختلف در کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی سهم داشته و با کمک چرخه عناصر غذایی، حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد (Wallace et al.,

1، 2 و 3- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیاران و دانشیار بخش اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email:v.barati@shirazu.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.79989

2017).

دسترسی به عملکرد مطلوب و کاهش مخاطرات زیست‌محیطی نیازمند راهکارهای نوین کشاورزی است که تلقیح با کودهای زیستی یکی از آن‌ها است (Hedge et al., 1999). در سال‌های اخیر، کود-های زیستی در جهت تأمین ماده آلی خاک و عناصر غذایی گیاهان به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهبردهای تغذیه‌ای برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته است (Kumer & Goh, 1999; Wu et al., 2005). در منابع مختلف تعاریف متعددی از جمله کود سبز، کود حیوانی، عصاره گیاهی برای کود زیستی بیان شده است (Rahimzadeh et al., 2011). امّا، برخی از پژوهشگران (Sharma, 2003) کودهای زیستی را شامل یک یا چند گونه از ریزجانداران خاک‌زی می‌دانند که در بستری از مواد نگهدارنده قرار می‌گیرند و به‌عنوان حاصلخیزکننده خاک به‌کار می‌روند.

باکتری *آزوسپیریلوم براسیلنس* (*Azospirillum brasilense*) یکی از مهم‌ترین ریزجانداران آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن در خاک مناطق گرمسیری است (Heydarian-burkhob et al., 2011). برخی مطالعات نشان می‌دهد که با توجه به توانایی باکتری *آزوسپیریلوم* که در تطبیق با محیط دارد، در شرایط تنش آبی دارای سازوکار کاهش تنش می‌باشد (Arzanesh et al., 2010; Hadi et al., 2012). گزارش‌هایی مبنی بر توانایی زنده ماندن باکتری *آزوسپیریلوم* در شرایط تنش آبی به‌دلیل تولید اگزوپلی‌ساکارید وجود دارد. این ماده به‌وسیله افزایش نگهداری آب، باکتری *آزوسپیریلوم* را از تنش آبی محافظت می‌کند (Sandhya et al., 2010). هرچند جزئیات مکانیسم عمل *آزوسپیریلوم* برای کاهش اثرات تنش در گیاهان هنوز به‌طور کامل شناخته نشده است، ولی نتایج بیشتر پژوهش‌ها (Amoo-aghaie et al., 2004; Hadi et al., 2012; Sharma, 2003) گویای آن است که *آزوسپیریلوم* به‌کمک تثبیت زیستی نیتروژن، تولید هورمون‌های رشد و برخی از ویتامین‌ها سبب گسترش سطح ریشه و در نتیجه جذب بهینه آب و عناصر غذایی و در نهایت، کاهش اثرات تنش آبی می‌شود.

حدود 70 درصد آزمایش‌ها، توانایی ریزجاندارانی همانند *آزوسپیریلوم* در افزایش پنج تا 30 درصدی عملکرد گیاهان زراعی (از جمله گندم و جو) را تأیید کرده‌اند (Kandil et al., 2011; Kasim et al., 2016; Kennedy et al., 2004; Pour-Eid et al., 2013). به‌عنوان مثال، کاسیم و همکاران (Kasim et al., 2016) نشان دادند که تلقیح بذرهای جو با 20 نوع باکتری محرک رشد در جهت بهبود شاخص‌های رشدی از جمله عملکرد مؤثر بوده است. هم‌چنین، در آزمایش دیگری (Kandil et al., 2011) تلقیح بذرهای گندم (*Triticum aestivum* L.) با باکتری *آزوسپیریلوم*، ارتفاع گیاه، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد زیست‌توده و در نهایت عملکرد دانه را به‌طور مثبت و معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. به‌علاوه، کاربرد ریز جانداران به‌عنوان کود به‌واسطه‌ی تولید موادی مانند هورمون‌ها، ویتامین‌ها و هم‌چنین، محلول کردن عناصر غیرقابل جذب خاک و افزایش میزان جذب آن‌ها در بهبود کیفیت بذر مؤثر بوده است (Hadi et al., 2012). در پژوهشی بر روی گندم (Pour-Eid et al., 2013) استفاده تلفیقی از کود نیتروژن و باکتری محرک رشد بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع بوته، عملکرد زیست‌توده و وزن سنبله اثر مثبت و معنی‌داری نشان داد. هم‌چنین فدایی و همکاران (Fadaei et al., 2014) نیز تأثیر مثبت تیمار تلفیقی را بر تعداد پنجه گندم گزارش کردند.

مدیریت بقایای گیاهان زراعی یکی از ارکان اصلی تولید در کشاورزی زیستی است، زیرا با تأثیر مستقیم بر ویژگی‌های خاک در بلندمدت، نقش به‌سزایی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی دارد (Farhoodi et al., 2008). اندام‌های گیاهی حاوی مقادیر زیادی از عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشند و برگرداندن آن‌ها به خاک علاوه‌بر حاصلخیزی خاک باعث افزایش فعالیت ریزجانداران مفید خاک می‌شود (Torbert et al., 2000). نتایج یک پژوهش در اهواز نشان داد که استفاده از کود زیستی سوپرنیتروپلاس و بقایای گیاهی بر عملکرد گندم تأثیر مثبت داشت (Sohrabi et al., 2015). هم‌چنین، شهپری و فاتح (Shahpary & Fateh, 2016) گزارش کردند که اثرات منابع مختلف نیتروژن و مدیریت بقایا بر عملکرد گندم معنی‌دار بود. در این پژوهش تیمار تلفیق کود نیتروژن و باکتری به همراه کاربرد بقایا عملکرد گندم را بهبود بخشید.

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر مدیریت بقایای گیاهی و منابع مختلف نیتروژن (کاربرد کود نیتروژن خالص، تلقیح بذرها با باکتری *آزوسپیریلوم* و استفاده تلفیقی از باکتری *آزوسپیریلوم* وکود نیتروژن) در شرایط تنش آبی پس از گل‌دهی بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه جو در شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک جنوب استان فارس (داراب) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب – دانشگاه شیراز (طول جغرافیای °54 و ′30 شرقی و عرض جغرافیایی °28 و ′50 شمالی و با ارتفاع 1180 متری از سطح دریا) در سال زراعی 97-1396 اجرا شد. منطقه داراب دارای آب‌وهوای خشک و میانگین بلندمدت بارش سالیانه 250 میلی‌متر می‌باشد. وضعیت آب‌وهوایی منطقه در سال زراعی 1397– 1396 در شکل 1 ارائه شده است. جهت بررسی ویژگی‌های خاک، نمونه‌ای مرکب (عمق صفر تا 30 سانتی‌متر) از خاک مزرعه به‌طور تصادفی تهیه و برای اندازه‌گیری به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی داراب فرستاده شد. در جدول 1 نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نشان داده شده است.

دو سطح آبیاری به‌عنوان عامل اصلی [1- مطلوب: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و 2- تنش آبی: آبیاری بر اساس نیاز آبی گیاه تا انتهای مرحله گل‌دهی (قطع آبیاری پس از مرحله گل‌دهی)] و عامل‌های فرعی شامل دو سطح بقایای گیاهی [1- حذف بقایا و 2- برگرداندن 30 درصد بقایای گندم به خاک] و چهار منبع کودی [1- صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، 2- کاربرد 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره (46 درصد نیتروژن) با توجه به آزمون خاک، 3- استفاده تلفیقی از باکتری *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum brasilense*) و نیتروژن به‌مقدار نصف نیاز نیتروژنی گیاه (50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌صورت اوره) و 4- تلقیح بذر با باکتری *آزوسپیریلوم*] بود که به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق صفر تا 30 سانتی‌متر

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil in 0-30 cm depth

ویژگی Characteristics	واحد Unit	مقدار Amount
شن Sand	%	38.12
سیلت Silt	%	44
رس Clay	%	17.88
کربن آلی O.C.	%	0.97
ماده آلی O.M.	%	1.68
هدایت الکتریکی EC	$dS.m^{-1}$	1.09
اسیدیته pH		7.42
نیتروژن کل Total N	%	0.08
پتاسیم قابل‌دسترس Available K	$mg.kg^{-1}$	320
فسفر قابل‌دسترس Available P	$mg.kg^{-1}$	10
آهن Fe	$mg.kg^{-1}$	5.67
منگنز Mn	$mg.kg^{-1}$	16.72
مس Cu	$mg.kg^{-1}$	1.69
روی Zn	$mg.kg^{-1}$	0.66

شکل 1- بارندگی ماهیانه، تبخیر از تشت تبخیر، طول دوره روشنایی، میانگین کمینه و بیشینه‌ی دمای هوا و رطوبت نسبی در طول سال زراعی 97 -1396

Fig. 1- Monthly rainfall, pan evaporation (E), sunshine duration, mean minimum and maximum air temperatures (T_{min} and T_{max}, respectively) and relative humidity (RH) during 2017- 2018 growing season

جهت آماده‌سازی زمین عملیات شخم با گاوآهن برگردان‌دار و دیسک در مهر ماه انجام شد. سپس، جهت آماده‌سازی کرت‌ها و جلوگیری از نشت جانبی آب و کود نیتروژن در اطراف هر کرت فرعی پشته‌ای به‌عرض نیم متر ایجاد شد. برای اطمینان بیشتر از عدم حرکت جانبی آب و نیتروژن فاصله‌ی بین کرت‌های اصلی (آبیاری نرمال و تنش آبی) دو متر در نظر گرفته شد. اندازه کرت‌های فرعی 3×2 مترمربع بود. با توجه به نتایج آزمون خاک کود سوپر فسفات تریپل (50 کیلوگرم در هکتار) قبل از کاشت به‌صورت نواری زیر بذر استفاده شد. بذر جو (رقم زهک) (رقم جو آبی با سازگاری وسیع و مناسب برای کشت در مناطق گرم جنوب کشور) از مؤسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر (ایستگاه حسن‌آباد داراب) تهیه و با توجه به تاریخ بهینه کاشت در منطقه (نیمه دوم آذر ماه) در 23 آذر در ردیف‌های به‌فاصله 25 سانتی‌متر در شش ردیف به‌طول سه متر بر اساس مقدار توصیه شده (182/2 کیلوگرم در هکتار) کاشته شدند.

جهت اعمال مدیریت بقایا، در اوایل آبان ماه 30 درصد از بقایای برجای مانده از اندام‌های هوایی گیاه زراعی سال قبل [کاه گندم (C/N= 80/1)] (1500 کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد (Keshavarz-nezhad et al., 2014) و به کرت‌های مورد نظر افزوده و با خاک مخلوط شد. باکتری *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum brasilense*) (10^8 سلول بر گرم) مورد استفاده در این پژوهش از مؤسسه تحقیقات آب و خاک تهیه گردید. قبل از کاشت بر اساس روش‌های موجود (Somasegaran et al., 2012; Tale and Haddad, 2011) تلقیح بذرها با باکتری *آزوسپیریلوم* در محیط آزمایشگاهی انجام شد. به این صورت که قبل از تلقیح برای گندزدایی بذرها و جلوگیری از آلودگی میکروبی آن‌ها برای مدت 10 دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد قرار گرفته و سپس با آب مقطر سترون چندین بار شستشو شدند. در تیمار تلقیح، بذرهای جو در داخل یک کیسه پلی‌اتیلن ریخته شد و محلول آب و شکر به‌عنوان ماده چسباننده (مقدار 20 میلی‌لیتر محلول شکر 20 درصد برای هر کیلوگرم بذر) به آن اضافه گردید. آن‌گاه کیسه حاوی بذر و ماده چسباننده برای مدت 30 ثانیه به‌شدت تکان داده شد تا سطح تمامی بذرها به‌طور یکنواخت چسبناک گردد. پس از آن، مایه تلقیح (مقدار 20 گرم از مایه تلقیح برای هر کیلوگرم بذر) به بذرهای چسبناک اضافه شد و پس از 45 ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایه تلقیح به آن‌ها، بذرهای آغشته به مایه تلقیح برای خشک شدن بر روی ورقه آلومینیوم تمیز در زیر سایه پهن شدند. هم‌چنین، کود نیتروژن در سه مرحله [سه‌برگچه‌ای (کد 13)، پنجه‌زنی (کد 23) و ساقه رفتن (کد 31)] (Zadoks et al., 1974) و به‌مقدار مساوی استفاده شد. در تیمارهای کود زیستی و تلفیقی علاوه‌بر تلقیح بذرها، باکتری *آزوسپیریلوم* به همراه آب آبیاری (به‌مقدار 10 گرم برای

هر کرت) در مراحل پنجه‌زنی (کد زیداکس 21) و ساقه رفتن (کد زیداکس 31) (Zadoks et al., 1974) به‌کار رفت.

جهت آبیاری زمین، در کرت‌های مربوط به تیمار آبیاری مطلوب محتوای رطوبتی خاک به‌وسیله روش وزنی (Barati et al., 2015) در فواصل 30 سانتی‌متری تا عمق 60 سانتی‌متری خاک اندازه‌گیری شد. در این روش از عمق‌های اشاره شده نمونه‌ای با مته برداشت شد و پس از وزن کردن نمونه مرطوب آن را به‌مدت 24 ساعت در آون (دمای 105 درجه سانتی‌گراد) قرار دادیم تا خشک شود. پس از خشک شدن و وزن کردن دوباره مقدار رطوبت خاک اندازه‌گیری شد (Alizadeh, 2001). وقتی‌که میانگین رطوبت خاک به کمتر از 50 درصد از رطوبت قابل دسترس رسید، آبیاری انجام گرفت و رطوبت عمق صفر تا 60 سانتی‌متری خاک به ظرفیت مزرعه رسانده شد. مقدار آب مورد نیاز به‌وسیله معادله 1 (Barati et al., 2016) محاسبه و مقدار آب کاربردی برای هر کرت به‌وسیله روش حجمی- زمانی (Barati et al., 2016; Grimes et al., 1987) اندازه‌گیری شد. در این روش در هر کرت مقدار آب محاسبه شده به‌وسیله معادله 1 که بر اساس میلی‌متر بود تبدیل به لیتر شد و سپس با توجه به دبی خروجی از لوله‌های تعبیه شده برای هر کرت، زمان مورد نیاز برای آبیاری آن مشخص شد. در کرت‌های مربوط به تیمار تنش آبی نیز تا مرحله گل‌دهی آبیاری به همین صورت انجام گرفت و پس از گل‌دهی آبیاری به‌طور کامل قطع شد. لازم به ذکر است که پس از مرحله گل‌دهی تا انتهای رسیدگی بارندگی رخ نداد.

معادله (1)
$$D - \sum_{i=1}^{n}(\theta_{fci} - \theta_i)\Delta Z_i$$

در این معادله، D: عمق آب آبیاری (میلی‌متر)، i: یک لایه، n: تعداد لایه‌های خاک، θ_{fci}: محتوای حجمی رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) در i امین لایه خاک، θ_i: محتوای حجمی رطوبت خاک (سانتی‌متر مکعب بر سانتی‌متر مکعب) در i امین لایه خاک و ΔZ_i: ضخامت هر لایه (میلی‌متر) می‌باشد.

اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ پرچم در مرحله شیری (کد زیداکس 75) (Zadoks et al., 1974) با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) انجام شد. پس از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک در تاریخ 30 اردیبهشت به‌منظور تعیین عملکرد نهایی (عملکرد دانه و زیست‌توده) و شاخص‌برداشت (نسبت عملکرد دانه به زیست‌توده) دو متر طولی دو ردیف وسط کرت با داس کف‌بر شدند (50 سانتی‌متر اطراف هر کرت به‌عنوان اثر حاشیه در نظر گرفته شد). جهت اندازه‌گیری تعداد دانه در سنبله و طول سنبله، 30 بوته به‌طور تصادفی از مرکز هر کرت انتخاب شد. هم‌چنین، تعداد پنجه‌های بارور از یک متر طولی دو ردیف وسط هر کرت مورد شمارش قرار گرفت و بر اساس آن تعداد پنجه بارور در مترمربع محاسبه گردید. برای محاسبه وزن هزار دانه (برحسب گرم) پنج دسته هزارتایی از بذور توزین و میانگین‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری ارتفاع بوته، ارتفاع 10 بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری داده‌ها به‌روش تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 (SAS Institute, 2004) صورت گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

محتوای کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که میزان کلروفیل برگ پرچم در مرحله شیری (کد زیداکس 75) به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت. مصرف کود نیتروژن (100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، کود تلفیقی (*آزوسپیریلوم* + 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و کود زیستی (*آزوسپیریلوم*) به‌ترتیب مقدار کلروفیل را به‌میزان 21/1، 9/2 و 0/4 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول 3). بالاترین مقدار کلروفیل (48/55) مربوط به تیمار کود کامل نیتروژن و کمترین مقدار کلروفیل (40/07) مربوط به شاهد بود. نیتروژن از جمله عناصر ضروری در رشدونمو گیاهان است و نقش مهمی در شکل‌گیری مولکول‌های کلروفیل دارد (Taiz & Zeiger, 2010). اثر مثبت کاربرد کود نیتروژن بر میزان کلروفیل برگ پرچم را سایر پژوهشگران (Siosemarde et al., 2014) نیز گزارش کرده‌اند. هم‌چنین، دیده‌بان و همکاران (Dideban et al., 2012) اثبات کردند که بیشترین محتوای کلروفیل برگ کلزا در بالاترین سطح کود نیتروژن (200 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد.

تنش آبی تأثیر معنی‌داری بر مقدار کلروفیل برگ پرچم نداشت (جدول 3)؛ امّا، محتوای کلروفیل در شرایط تنش آبی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب افزایش جزئی نشان داد (جدول 3). این روند احتمالاً به‌دلیل توقف بزرگ شدن سلول و افزایش تراکم سلول‌های مزوفیلی

در واحد سطح در شرایط تنش آبی بوده است (Siosemarde et al., 2014). سایر پژوهش‌ها روی گندم، ذرت و اطلسی (Bredemeier, 2005; Kamali et al., 2018) نیز نشان دادند که اعداد کلروفیل‌متر در شرایط تنش آبی نسبت به شرایط مطلوب بیشتر بود. در مطالعه حاضر کاربرد بقایا باعث افزایش جزئی و غیرمعنی‌دار مقدار کلروفیل شد (جدول 3). هرچند حضور مقدار زیاد بقایای گیاهی در خاک به‌علت تحریک فعالیت ریزجانداران، نیتروژن خاک را به‌طور موقت از دسترس گیاه خارج می‌کند (Sohrabi et al., 2015) و بنابراین محتوای کلروفیل گیاه را کاهش می‌دهد. امّا، به نظر می‌رسد که در آزمایش حاضر افزودن 30 درصد بقایای گندم به خاک رقابت جدی ریزجانداران و گیاه برای نیتروژن را سبب نشد و از این‌رو محتوای کلروفیل برگ پرچم دست‌خوش تغییرات معنی‌داری به‌واسطه کاربرد بقایا نگردید و حتی تجزیه بقایا سطح نیتروژن خاک را در مراحل انتهایی رشدونمو گیاه افزود و جذب بیشتر نیتروژن توسط بوته‌های جو، محتوای کلروفیل برگ پرچم را هرچند جزئی، افزایش داد. فلاح هروی و همکاران (Fallah-Heravi et al., 2015) نیز نشان دادند که کاربرد بقایای گیاهی تأثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل برگ پرچم گندم نداشت که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد.

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر منبع کود نیتروژن قرار گرفت. مصرف کود نیتروژن خالص، تلفیقی و زیستی به‌ترتیب ارتفاع بوته را به‌میزان 42/8، 37/1 و 0/8 درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول 3). بیشترین ارتفاع بوته مربوط به تیمار کود نیتروژن خالص (73/8 سانتی‌متر) و کمترین مقدار ارتفاع بوته مربوط به شاهد (51/7 سانتی‌متر) بود (جدول 3). پژوهش‌های دیگری (Barik & Goswami, 2003; Sohrabi et al., 2015;) نیز تأثیر مثبت کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی را بر ارتفاع بوته نشان داده‌اند که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. در دسترس بودن آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از جمله نیتروژن از طریق افزایش تقسیمات سلولی، تعداد گره و طول میان‌گره ارتفاع گیاه را به‌طور مثبت تحت تأثیر قرار می‌دهند (Wallace et al.,, 2017). در آزمایش حاضر، اگرچه حضور بقایا تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته در مقایسه با عدم حضور بقایا نداشت؛ امّا، کاربرد بقایا باعث کاهش جزئی ارتفاع بوته شد (جدول 3). در تأیید نتایج این آزمایش پژوهشی روی گندم نشان داد که افزودن بقایا باعث کاهش ارتفاع گیاه شد (Keshavarz-Nejad et al., 2014). برخی از محققین (Sohrabi et al., 2015) معتقدند که اضافه کردن بقایا به خاک به‌ویژه در ابتدای فصل رشد به‌دلیل کاهش موقتی نیتروژن به‌واسطه رقابت با ریزجانداران خاک‌زی باعث کاهش رشد و ارتفاع بوته در ابتدای دوره رشد می‌شود که گاهی ممکن است این کاهش در انتهای دوره رشد جبران شود.

طول سنبله

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که برهم‌کنش تیمار آبیاری × منبع کود نیتروژن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. در شرایط آبیاری مطلوب، استفاده از کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی طول سنبله را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به‌میزان 166/3، 152 و 42/9 درصد نسبت به شاهد افزایش داد. تیمار کود خالص نیتروژن و تلفیقی تفاوت معنی‌داری در این شرایط نداشتند (جدول 4). در مقابل، در شرایط تنش آبی نیز استفاده از کود نیتروژن خالص و کود تلفیقی طول سنبله را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به‌مقدار 154/7 و 159/6 درصد نسبت به شاهد افزایش داد؛ امّا کود زیستی تغییری در طول سنبله ایجاد نکرد. به‌عنوان یک نتیجه می‌توان بیان کرد که طول سنبله در شاهد نیتروژن، کود نیتروژن خالص و کود تلفیقی به‌واسطه تنش آبی کاهش نیافت؛ امّا، در تیمار کود زیستی کاهش معنی‌داری به‌واسطه تنش آبی در طول سنبله مشاهده شد (جدول 4). در تأیید نتایج این آزمایش، عجم نوروزی و همکاران (Ajam-Norozi et al., 2016) نشان دادند که کاربرد کود نیتروژن در مرحله رویشی سبب افزایش طول سنبله شد. هم‌چنین، واکنش مثبت طول سنبله به تیمار تلفیقی در آزمایش حاضر موافق با یافته‌های پازکی (Pazoki, 2016) است. در توجیه این‌که در آزمایش حاضر واکنش طول سنبله به تیمار کود تلفیقی در مقایسه با کود زیستی نسبت به شاهد در شرایط تنش آبی بسیار زیاد و معنی‌دار بود را شاید بتوان به موفقیت بیشتر باکتری-ها در صورت استفاده تلفیقی با کود نیتروژن در شرایط تنش آبی نسبت داد. احتمالاً، شاخص سطح برگ بالاتر در تیمار تلفیقی نسبت به کود زیستی در شرایط تنش آبی سبب سایه‌اندازی بیشتر و تبخیر کمتر شده و در نتیجه رطوبت بیشتر محیط، فعالیت زیادتر باکتری‌ها را سبب شده‌است. در چنین شرایطی تثبیت زیستی بیشتر نیتروژن، جذب زیادتر آن و رشد بیشتر سنبله را باعث شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، ارتفاع بوته، طول سنبله و محتوای کلروفیل جو

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of grain yield, biomass yield, harvest index, 1000-grain weight, seed no. per spike, spike no. m^{-2}, plant height, spike length and chlorophyll content of barley

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares								
		محتوای کلروفیل Chlorophyll content	طول سنبله Spike length	ارتفاع بوته Plant height	تعداد سنبله در مترمربع Spike no. m^{-2}	تعداد دانه در سنبله Seed no. per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication (R)	2	90.43^{**}	27.08^{ns}	64.58^{ns}	33125.9^{ns}	2.77^{ns}	19.65^{ns}	80.06^{ns}	5083840^{**}	212087^{ns}
رژیم آبیاری Irrigation regime (Ir)	1	0.46^{ns}	4.68^{ns}	133.33^{ns}	1792.5^{ns}	6.02^{ns}	2249.26^{**}	19.76^{ns}	929633^{ns}	17096958^{ns}
خطای (الف) Error (a)	2	30.77	6.25	77.08	22337.1	13.27	37.94	198.96	6017174	2879829^{ns}
بقایا Residue (Re)	1	45.43^{ns}	4.68^{ns}	33.33^{ns}	4537.1^{ns}	11.02^{ns}	3.09^{ns}	42.11^{ns}	3350876^{*}	87049^{ns}
منبع کود نیتروژن (کود) N Fertilizer source (N)	3	190.26^{**}	2829.68^{**}	1684.72^{**}	200195.1^{**}	1253.90^{**}	95.39^{**}	76.31^{ns}	18120580^{**}	2285913^{**}
Ir × Re	1	5.95^{ns}	13.02^{ns}	8.33^{ns}	3114.8^{ns}	0.02^{ns}	2.57^{ns}	24.27^{ns}	615467^{ns}	16219^{ns}
Ir × N	3	9.14^{ns}	54.68^{*}	37.5^{ns}	14758.1ns	15.90^{ns}	157.70^{**}	45.30^{ns}	3511584^{**}	1395353^{**}
Re × N	3	11.56^{ns}	28.68^{ns}	15.27^{ns}	18672.8^{ns}	4.79^{ns}	12.24^{ns}	5.31^{ns}	562256^{ns}	148994^{ns}
Ir × Re × N	3	29.57^{ns}	46.35^{ns}	23.61^{ns}	22714.3^{ns}	32.02^{**}	7.02^{ns}	24.37^{ns}	1975866^{*}	58783120^{ns}
خطای (ب) Error (b)	28	14.54	18.45	21.43	12288.1	7.06	6.80	29.46	649074	206544
ضریب تغییرات (درصد) $CV^{€}$ (%)		8.83	13.01	7.45	16.1	12.07	6.99	13.72	11.87	16.93

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

ns: Non significant.

€: Coefficient of variation

* و **: به‌ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns: غیرمعنی‌داری

جدول 3- مقایسه میانگین اثر رژیم آبیاری، منبع کود و بقایا بر محتوای کلروفیل، تعداد سنبله در مترمربع، شاخص برداشت و ارتفاع بوته جو

Table 3- Mean comparison for effects of irrigation regime, N fertilizer source and residue on chlorophyll content, spikes No.m^{-2}, harvest index and plant height of barley

فاکتور Factor	محتوای کلروفیل Chlorophyll content	تعداد سنبله درمترمربع Spikes No. m^{-2}	شاخص برداشت Harvest index (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)
رژیم آبیاری Irrigation regime				
مطلوب Normal	43.07^{a*}	698.3^{a}	40.19^{a}	60.4^{a}
تنش آبی Water stress	43.26^{a}	686.1^{a}	38.91^{a}	63.8^{a}
کود Fertilizer				
صفر £ N_0	40.07^{c}	551.7^{b}	42.07^{a}	51.7^{b}
100 ££ N_{100}	48.55^{a}	831.1^{a}	36.37^{b}	73.8^{a}
کود تلفیقی ¥ Bio + N_{50}	43.81^{b}	767.2^{a}	40.97^{ab}	70.8^{a}
کود زیستی ¥¥ Bio	40.23^{c}	618.9^{b}	38.79^{ab}	52.8^{b}
بقایا Residue				
با بقایا With residue	44.14^{a}	701.9^{a}	40.49^{a}	61.3^{a}
بدون بقایا Without residue	42.19^{a}	682.5^{a}	38.61^{a}	62.9^{a}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. £: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ££: 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥: کود تلفیقی (باکتری *آزوسپیریلوم* + 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و ¥¥: کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*).

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncans multiple range test. N_0, no nitrogen fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1}; Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که برهم‌کنش تیمار آبیاری × منبع کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه (4049 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار آبیاری مطلوب و استفاده تلفیقی از باکتری و کود نیتروژن بود و کمترین عملکرد دانه (2009 کیلوگرم در هکتار) در تیمار تنش آبی و عدم استفاده از کود نیتروژن به‌دست آمد (جدول 4). اثر برهم‌کنش آبیاری × منبع نیتروژن (جدول 4) نشان داد که تنش آبی عملکرد دانه را در همه سطوح کودی نسبت به آبیاری مطلوب کاهش داد؛ امّا این کاهش در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود (24/1، 46/8، 44/3 و 22/1 درصد کاهش به‌ترتیب در شاهد، کود نیتروژن خالص، تلفیقی و زیستی). با توجه به این‌که کمترین میزان کاهش عملکرد دانه به‌واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از کود زیستی و سپس تیمار تلفیقی نسبت به کاربرد کود نیتروژن خالص به‌دست آمد، می‌توان نتیجه گرفت که باکتری در کاهش اثرات تنش آبی موفق بوده است. ریزجانداران می‌توانند باعث مقاومت گیاه در برابر تنش‌ها شوند (Compont et al., 2010). پژوهشگران متعددی نشان داده‌اند که تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه در شرایط تنش آبی داشته‌است (Hadi et al., 2012; Marulanda et al., 2009; Sharma, 2003). در همین راستا، ساریج و همکاران (Sarig et al., 1988) نشان دادند که تلقیح بذر باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش آبی از طریق بهبود بهره‌وری از رطوبت خاک شد. مطالعات نشان داده‌اند که باکتری *آزوسپیریلوم* به‌کمک تثبیت زیستی

نیتروژن، تولید هورمون‌های رشد و برخی از ویتامین‌ها سبب گسترش سطح ریشه و در نتیجه جذب بهینه‌ی آب و عناصر غذایی و در نهایت، کاهش اثرات تنش آبی شده‌است (Amoo-aghaie et al., 2004; Hadi et al., 2012; Sharma, 2003). هم‌چنین، برخی دیگر از محققین (Amoo-aghaie et al., 2004) گزارش کردند که تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* اثرات مثبتی بر عملکرد دانه گندم در شرایط مطلوب رطوبتی داشته‌است.

بیشترین کاهش عملکرد دانه به‌واسطه تنش آبی در شرایط استفاده از کود نیتروژن خالص (46/2 درصد) مشاهده شد (جدول 4) که نشان می‌دهد گیاهانی که کود نیتروژن خالص دریافت کرده‌اند نسبت به خشکی حساسیت بیشتری نشان می‌دهند. بر اساس نظر ون هرواردن و همکاران (Van Harwaarden et al., 1998) کاهش بیشتر عملکرد دانه به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن در شرایط تنش آبی به پدیده"hay off"نسبت داده می‌شود. این پدیده زمانی رخ می‌دهد که کود نیتروژن به‌مقدار زیاد در مراحل رشد رویشی غلاتی که در معرض تنش آبی انتهایی هستند، به‌کار رود. در چنین شرایطی عملکرد زیست‌توده بالا رفته و ریشه‌ها آب بیشتری را از نیم‌رخ خاک تخلیه می‌کنند و این باعث کاهش فراهمی آب در دوره پر شدن دانه شده و نهایتاً کاهش وزن هزار دانه و عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت. سایر پژوهشگران (Barati & Ghadiri, 2015; Barati et al., 2016) نیز در مطالعات خود بر روی گیاه جو نشان دادند که در شرایط آبیاری مطلوب مصرف کود نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. امّا، در شرایط تنش آبی انتهایی کاربرد مقدار بالای کود نیتروژن عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار نداد.

جدول 4- اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری × منبع نیتروژن بر عملکرد دانه، وزن هزار دانه و طول سنبله جو

Table 4 - Interaction effect of irrigation regime × nitrogen source on grain yield, 1000-grain weight and spike length of barley

رژیم آبیاری Irrigation regime	منبع کود نیتروژن Nitrogen fertilizer source	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	طول سنبله Spike length (mm)
آبیاری مطلوب Normal irrigation	صفر £ N_0	2648.3^{b*}	42.61^{a}	17.5^{c}
	100 ££ N_{100}	3843.1^{a}	45.06^{a}	46.6^{a}
	کود تلفیقی ¥ $Bio + N_{50}$	4049.1^{a}	44.52^{a}	44.1^{a}
	کود زیستی ¥¥ Bio	2578.4^{b}	44.42^{a}	25.0^{b}
تنش آبی Water stress	صفر £ N_0	2008.8^{b}	36.40^{b}	18.3^{c}
	100 ££ N_{100}	2068.6^{b}	23.46^{c}	46.6^{a}
	کود تلفیقی ¥ $Bio + N_{50}$	2256.1^{b}	26.62^{c}	47.5^{a}
	کود زیستی ¥¥ Bio	2009.6^{b}	35.37^{b}	18.3^{c}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. £: صفرکیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، ££: 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ¥: کود تلفیقی (باکتری *آزوسپیریلوم* + 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) و ¥¥: کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*).

* Means in each column followed by the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncans multiple range test. N_0, no nitrogen fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1}; Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش تیمار آبیاری و منبع کود نیتروژن قرار گرفت (جدول 2). بیشترین وزن هزار دانه (45/06 گرم) در تیمار آبیاری مطلوب و کود نیتروژن خالص و کمترین وزن هزار دانه (23/46 گرم) در تیمار تنش آبی و کود نیتروژن خالص به‌دست آمد (جدول 4).

هم‌چنین، برهم‌کنش تیمار آبیاری و منبع کود نیتروژن نشان داد که کاربرد کود نیتروژن (صرف نظر از منبع آن) سبب افزایش جزئی و غیرمعنی‌دار وزن هزار دانه در شرایط آبیاری مطلوب شد (جدول 4). در پژوهشی روی گندم کاربرد کود نیتروژن به‌صورت خالص و تلفیقی تأثیر مثبتی بر وزن هزار دانه در شرایط آبیاری مطلوب داشت (Sohrabi et al., 2015). هم‌چنین آزادی و همکاران (Azadi et al., 2015) نشان دادند که تلقیح بذر گندم با باکتری *آزوسپیریلوم* تأثیر مثبت و معنی‌داری بر وزن هزار دانه داشت. آن‌ها افزایش وزن هزار دانه را به اثرات مثبت کاربرد کود زیستی بر افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه ریشه‌ها و هم‌چنین انجام فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن نسبت دادند. امّا، کاربرد کود نیتروژن باعث کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی شد که این کاهش فقط در تیمار نیتروژن خالص و تلفیقی معنی‌دار و به‌ترتیب به‌مقدار 35/7 و26/8 درصد بود. امّا، تیمار کود زیستی کاهش جزئی (2/8 درصد) و غیرمعنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد (جدول 4) بنابراین، با توجه به کاهش‌های کمتر در تیمارهای تلفیقی و زیستی، به نظر می‌رسد که باکتری *آزوسپیریلوم* در کاهش اثرات تنش مؤثر بوده است. کامپونت و همکاران (Compant et al., 2010) نیز کاهش اثرات مخرب تنش بر وزن هزار دانه گندم در شرایط استفاده از باکتری *آزوسپیریلوم* را گزارش کرده‌اند.

با بررسی برهم‌کنش آبیاری و منبع کود نیتروژن از منظری دیگر می‌توان نتیجه گرفت که تنش آبی پس از گل‌دهی وزن هزار دانه را در شاهد نیتروژن، نیتروژن خالص، تلفیقی و زیستی به‌ترتیب به‌میزان 14/6، 47/9، 40/2 و 20/4 درصد کاهش داد (جدول 4). وزن هزار دانه از جمله صفاتی است که میزان آن در دوره پر شدن دانه تعیین می‌گردد و با توجه به این‌که تنش آبی در پژوهش حاضر، پس از گل‌دهی و در این دوره اعمال شد، تأثیر به‌سزایی بر این صفت گذاشت. کاهش بیشتر وزن هزار دانه در تیمار نیتروژن خالص در شرایط تنش آبی نسبت به آبیاری مطلوب، حساسیت بیشتر وزن هزار دانه گیاهان دریافت‌کننده کود نیتروژن خالص نسبت به سایر تیمارهای کود نیتروژن به تنش آبی پس از گل‌دهی را نشان می‌دهد. کاربرد کود نیتروژن به‌دلیل افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش تخلیه رطوبتی از خاک، شدت تنش آبی را در مراحل انتهایی دوره رشد افزایش می‌دهد و به دنبال آن مقدار فتوسنتز جاری و انتقال مواد پرورده و در نهایت، میانگین وزن هزار دانه در شرایط تنش آبی کاهش بیشتری می‌یابد (Barati & Ghadiri, 2015; Van Harwarden et al., 1998).

تعداد دانه در سنبله

تعداد دانه در سنبله به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول 2). به‌طوری‌که در مقایسه میانگین‌های آن بیشترین تعداد دانه در سنبله مربوط به تیمار آبیاری مطلوب، برگرداندن بقایا و کود نیتروژن خالص (33/3 دانه در سنبله) و کمترین آن مربوط به تیمار آبیاری مطلوب، برگرداندن بقایا و شاهد نیتروژن (10/7 دانه در سنبله) بود. (شکل 2).

در شرایط آبیاری مطلوب، تعداد دانه در سنبله در تیمار بدون بقایا به‌طور مثبت و معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار گرفت. به‌طوری‌که تعداد دانه در سنبله در تیمار کود نیتروژن خالص، تلفیقی و زیستی به‌ترتیب به‌میزان 148/5، 193/6 و 54/5 درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (شکل 2). اگرچه تیمار تلفیقی افزایش بیشتری را در تعداد دانه در سنبله باعث شد امّا، اختلاف معنی‌داری با تیمار کود نیتروژن خالص نداشت. در شرایط استفاده از بقایا نیز تعداد دانه در سنبله با کاربرد کود نیتروژن (صرف نظر از منبع آن) افزایش معنی‌داری داشت. هرچند واکنش به کود نیتروژن خالص (212/6 درصد) بیشتر از کاربرد تلفیقی کود (193/1 درصد) بود. امّا، اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت. هم‌چنین، تیمار زیستی افزایش 50/1 درصدی تعداد دانه در سنبله را نسبت به شاهد باعث شد (شکل 2). اثر مثبت کود نیتروژن بر تعداد دانه در سنبله به‌وسیله سایر محققین (Barati & Ghadiri, 2015; Sadeghi & Bahrani, 2009) نیز به اثبات رسیده‌است. هم‌چنین، محققین دیگر (Bahari et al., 2014; Barik & Goswami, 2003) اثر مثبت کاربرد باکتری *آزوسپیریلوم* بر تعداد دانه در سنبله گندم و نهایتاً عملکرد دانه را گزارش کرده‌اند.

در شرایط تنش آبی و حذف بقایا، کود نیتروژن خالص و تلفیقی تعداد دانه در سنبله را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به‌مقدار 170/3 و 121/7 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. بیشترین تعداد دانه در سنبله در تیمار کود نیتروژن خالص به‌دست آمد که دارای اختلاف معنی‌دار با تیمار تلفیقی بود (شکل 2). در تیمار برگرداندن بقایا نیز کود نیتروژن خالص، تلفیقی و زیستی به‌ترتیب 178/7، 175/7 و

51/5 درصد افزایش در تعداد دانه در سنبله را باعث شدند. در مقایسه استفاده از بقایا نسبت به حذف بقایا در سطوح مختلف کود، تیمار زیستی و تلفیقی در حضور بقایا موفقیت بیشتری داشتند، به‌طوری که در تیمار تلفیقی و زیستی به‌ترتب 11 و 42/1 درصد افزایش در حضور بقایا نسبت به حذف بقایا مشاهده شد. به نظر می‌رسد وجود بقایا در خاک از طریق حفظ رطوبت خاک در شرایط تنش آبی و یا ایجاد منبع تغذیه‌ای برای باکتری‌های *آزوسپیریلوم*، فعالیت بیشتر باکتری را باعث شده است (Khosravi, 2015; Sadeghi & Bahrani, 2009; Sohrabi et al., 2015).

شکل 2– مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری، بقایا و منبع نیتروژن بر تعداد دانه در سنبله جو

Fig. 2- Interaction effect of irrigation regime, residue and nitrogen source on seed No. per spike of barley

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. N_0: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، N_{100}: 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، Bio + N_{50}: کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*) + 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و Bio: کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*).

The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple rang test N_0, no nitrogen fertilizer (control); N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر منبع نیتروژن بر تعداد سنبله در مترمربع در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی به‌ترتیب 50/6، 39/1 و 12/2 درصد تعداد سنبله در مترمربع را نسبت به شاهد افزایش داد. بیشترین تعداد سنبله در مترمربع (831/1) در تیمار کود نیتروژن حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار تلفیقی نداشت (جدول 3). افزایش میزان نیتروژن در دسترس گیاه باعث تحریک رشد رویشی و افزایش پنجه‌زنی در بوته می‌گردد (Barati & Ghadiri, 2015).

تعداد سنبله در مترمربع در تیمار تنش آبی نسبت به تیمار آبیاری مطلوب به‌طور جزئی (1/8 درصد) کاهش یافت (جدول 3). تنش‌های آبی در مراحل زایشی، ممکن است تعداد پنجه‌های بارور را احتمالاً به‌دلیل عدم تلقیح مناسب گلچه‌ها کاهش دهند (Barati & Ghadiri, 2015). بنابراین، در پژوهش حاضر به‌دلیل این‌که تیمار تنش آبی بعد از مرحله گل‌دهی اعمال شد، تأثیر جزئی و غیرمعنی‌دار بر تعداد سنبله در مترمربع گذاشت. هم‌چنین، کاربرد بقایا باعث افزایش جزئی (2/85 درصد) تعداد سنبله در مترمربع شد (جدول 3). صادقی و بحرانی (Sadeghi & Bahrani, 2009) در پژوهشی روی گندم اثرات مثبت استفاده از بقایا بر تعداد سنبله در مترمربع را گزارش کردند. هم‌چنین، در این مطالعه اشاره شده‌است که با استفاده از بقایای گیاهی در شرایط خشک و نیمه‌خشک می‌توان تبخیر و تعرق را به‌وسیله افزایش انعکاس نور، کاهش دما و افزایش آب خاک در ناحیه اطراف ریشه، کاهش داد و بدین‌وسیله شرایط را برای بقاء بیشتر پنجه‌ها فراهم نمود. بر این اساس، به نظر می رسد که حضور بقایای

گیاهی در خاک می‌تواند با توسعه تعداد پنجه‌های بارور به‌واسطه کاهش اثرات تنش آبی به افزایش عملکرد دانه در مناطق خشک منجر شود.

عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت

عملکرد زیست‌توده به‌طور معنی‌داری (در سطح احتمال پنج درصد) تحت تأثیر برهم‌کنش منبع نیتروژن × بقایای گیاهی × رژیم آبیاری قرار گرفت (جدول 2). بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمار آبیاری مطلوب و برگرداندن بقایا و کود نیتروژن (9921 کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد زیست‌توده نیز در تیمار تنش آبی و برگرداندن بقایا و شاهد نیتروژن (3745 کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (شکل 3). در شرایط آبیاری مطلوب و حذف بقایا تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی، عملکرد زیست‌توده را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به‌میزان 54/2 و 49/7 درصد افزایش دادند. هم‌چنین، در شرایط استفاده از بقایا نیز تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی عملکرد زیست-توده را به‌طور معنی‌دار و به‌ترتیب به‌مقدار 56/7 و 50/1 درصد افزودند. در شرایط استفاده از بقایا و عدم استفاده از بقایا اگرچه تیمار کود نیتروژن خالص به‌طور جزئی نسبت به تیمار تلفیقی برتری نشان داد؛ امّا، این دو تیمار اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل 3).

تنش آبی عملکرد زیست‌توده را در تمام منابع کود نیتروژن و در حضور و عدم حضور بقایا کاهش داد (شکل 3). در شرایط تنش آبی و حذف بقایا، تیمارهای کود نیتروژن و تلفیقی اختلاف معنی‌داری نداشتند. امّا، هر دو تیمار عملکرد زیست‌توده را به‌ترتیب به‌میزان 19/9 و 1/4 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. در شرایط تنش آبی و حفظ بقایا، تیمارهای کود نیتروژن، تلفیقی و زیستی عملکرد زیست-توده را به‌ترتیب به‌میزان‌های 44/5، 57/1 و 34 درصد افزودند. حضور بقایا در مزرعه سبب کاهش عملکرد زیست‌توده در شاهد نیتروژن (34/4 درصد) و حتی تیمار کود نیتروژن خالص (20/1) شد؛ امّا، در تیمارهای زیستی و تلفیقی باعث افزایش عملکرد زیست‌توده به‌ترتیب به‌مقدار 5/8 و 1/7 درصد شد (شکل 3). کاهش عملکرد زیست‌توده در شرایط کمبود آب احتمالاً مرتبط با اسید آبسیزیک تولید شده در سلول‌های گیاهی می‌باشد که فعالیت این هورمون سبب کاهش تقسیم سلولی می‌گردد. اسید آبسیزیک تولید شده در اثر شرایط کم‌آبی سبب القای بیان ژنی می‌شود که از فعالیت پروتئین وابسته به سیکلین جلوگیری می‌کند. این پروتئین در فرآیندهای تقسیم سلولی مؤثر است و بنابراین جلوگیری از فعالیت آن مانع از رشد و توسعه گیاه و در نهایت، باعث کاهش عملکرد زیست‌توده گیاه می‌شود. علاوه‌بر اسید آبسزیک عوامل دیگری از جمله تغییر در پتانسیل اسمزی گیاه و بسته شدن روزنه‌ها و در نهایت محدود شدن فتوسنتز نیز در کاهش عملکرد زیست‌توده گیاهی در شرایط تنش کم‌آبی دخالت دارد (Cox & Jolliff, 2007; Foroud et al., 2008; Pazoki, 2016).

با توجه به اثرات مثبتی که تلقیح با باکتری *آزوسپیریلوم* بر عملکرد گیاهان زراعی مختلف (گندم و جو) داشته (Marulanda et al., 2009) و نقشی که در افزایش میزان تجمع مواد فتوسنتزی دارد (Sohrabi et al., 2015)، می‌توان بهبود عملکرد زیست‌توده در شرایط استفاده از باکتری را توجیه کرد. کمبود مواد آلی از عوامل محدودکننده رشد ریزجانداران خاک است. بر اساس نتایج خسروی (Khosravi, 2015) اضافه کردن مواد آلی و هوموس به خاک بر جمعیت، رشد و نهایتاً تثبیت نیتروژن توسط آن‌ها تأثیر به‌سزایی دارد. بنابراین، حضور بقایای گیاهی و حیوانی در خاک با افزایش رشد و فعالیت باکتری‌ها در بهبود عملکرد زیست‌توده اثرگذار است (Khosravi, 2015). هم‌چنین، توانایی حفظ رطوبت توسط بقایا در شرایط تنش به افزایش بیشتر عملکرد زیست‌توده کمک خواهد کرد (Sadeghi & Bahrani, 2009).

در برخی از منابع (Demir et al., 2006; Foroud et al., 2008; Pazoki, 2016) گزارش شده است که آثار مفید باکتری‌های محرک رشد به‌عنوان یک عامل القاءکننده مقاومت به تنش در گیاه در شرایط تنش بیشتر مشهود است. برخی از محققین (Pazoki, 2016) موفقیت باکتری در شرایط تنش آبی را به سیستم ریشه‌ای گسترده‌تر نسبت داده‌اند. در مقابل، محققین دیگر (Kapulnik et al., 2010; Liu et al., 1996; Remans et al., 2010) نیز اظهار داشتند که باکتری‌ها از جمله گونه *آزوسپیریلوم* از طریق افزایش شکل محلول قابل جذب عناصر غذایی در محیط ریشه، باعث افزایش مقدار جذب عناصر غذایی و رشد گیاه می‌شوند و در نتیجه، عملکرد زیست‌توده را می‌افزایند.

تنش آبی شاخص برداشت را به‌مقدار 3/2 درصد کاهش داد (جدول 3). تیلر و همکاران (Taylor et al., 2001) و براتی و غدیری (Barati & Ghadiri, 2015) نیز کاهش شاخص برداشت در اثر کمبود آب را نشان دادند و بیان کردند که تأثیر نامطلوب خشکی انتهایی بر عملکرد دانه بیشتر از عملکرد زیست‌توده است. در آزمایش

حاضر، همه منابع کودی (صرف نظر از منبع آن) شاخص برداشت را کاهش دادند که این کاهش فقط در کود نیتروژن خالص معنی‌دار بود (جدول 3). براتی و غدیری (Barati & Ghadiri, 2016) نیز نشان دادند که استفاده از کود نیتروژن شاخص برداشت را نسبت به شاهد کاهش داد. کاهش شاخص برداشت به‌واسطه کاربرد کود نیتروژن به‌ویژه در شرایط تنش آبی انتهایی به پدیده "hay off" نسبت داده می‌شود (Van Herwaarden et al., 1998). در این شرایط تعداد زیادی پنجه در واحد سطح تولید خواهند شد، که این پنجه‌ها دانه کمتری نسبت به ساقه اصلی تولید می‌کنند و یا این‌که دانه‌ای تولید نمی‌کنند و این باعث کاهش شاخص برداشت خواهد شد (Sieling et al., 1998). نتایج آزمایش حاضر نشان داد که شاخص‌برداشت در اثر کاربرد بقایای گیاهی به‌میزان (4/9 درصد) افزایش یافت (جدول 3) که با نتایج صادقی و کاظمینی (Sadeghi & Kazemeini, 2015) مطابقت دارد.

شکل 3- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش رژیم آبیاری، بقایا و منبع نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده جو

Fig. 3- Interaction effect of irrigation regime, residue and nitrogen source on biomass yield of barley

میانگین‌های با حروف مشابه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند. N_0: صفر کیلوگرم نیتروژن در هکتار (شاهد)، N_{100}: 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، Bio + N_{50}: کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*) + 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و Bio: کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*).

The means followed the same letters are not significantly different at 5% probability level using Duncan's multiple rang test. N_0, no nitrogen fertilizer (control) ;N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*).

همبستگی ساده و تجزیه رگرسیون خطی چندگانه

عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی با تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز وزن هزار دانه و محتوای کلروفیل برگ پرچم همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد (جدول 5). بیشترین همبستگی عملکرد دانه در این شرایط با عملکرد زیست‌توده (r= 0/799**) و سپس با تعداد سنبله در مترمربع (r= 0/744**) و تعداد دانه در سنبله (r= 0/743**) بود. درصورتی‌که، بیشترین همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش آبی با عملکرد زیست‌توده (r= 0/773*) و بعد از آن با شاخص برداشت (r =0/477*) مشاهده شد (جدول 5).

جدول 5 ضرایب رگرسیون و احتمال معنی‌داری صفات ارزیابی شده در پیش‌بینی عملکرد دانه جو در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش خشکی پس از گل‌دهی را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، معادله پیشگویی عملکرد دانه گندم در هر دو شرایط رطوبتی به‌صورت زیر فرموله شد:

$$GY = -3427.553 + 0.385\,X_1 + 78.363\,X_2 + 10.354\,X_3 + 13.608\,X_4 - 0.102\,X_5 - 3.234\,X_6 - 45.865\,X_7 + 1.485\,X_8$$

(شرایط مطلوب رطوبتی)

$$GY = -1753.207 + 0.398\,X_1 + 52.580\,X_2 - 4.633\,X_3 + 4.146\,X_4 + 0.049\,X_5 + 0.830\,X_6 - 66.073\,X_7 - 4.074\,X_8$$

(شرایط تنش آبی پس از گل‌دهی)

جدول 5- همبستگی ساده و ضریب رگرسیون (b)، اشتباه استاندارد (SE)، مقادیر t و احتمال معنی‌داری صفات در پیش‌بینی عملکرد دانه جو (کیلوگرم در هکتار) در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش آبی پس از گل‌دهی با استفاده از تجزیه رگرسیون خطی چندگانه

Table 5- Simple correlation and regression coefficient (b), standard error (SE), T-value and significance level in barley grain yield (kg.ha^{-1}) prediction under normal irrigation and water stress after anthesis conditions using multiple linear regression analysis

رژیم آبیاری Irrigation regime	صفات Characters	همبستگی ساده Simple correlation	ضریب رگرسیون Regression coefficient (b)	اشتباه استاندارد Standard error (SE)	مقدار t T-Value	احتمال معنی‌داری Sig. (Prob>|T|)
آبیاری مطلوب Normal irrigation	عملکرد زیست‌توده Biological yield (X_1)	0.799**	0.385	0.044	8.810	0.000
	شاخص برداشت Harvest index (X_2)	0.543**	78.363	4.708	16.646	0.000
	وزن هزار دانه 1000-grain weight (X_3)	0.196ns	10.354	14.401	0.719	0.483
	تعداد دانه در سنبله Seed no. per spike (X_4)	0.743**	13.608	11.031	1.234	0.236
	تعداد پنجه در مترمربع Spike no. per meter (X_5)	0.744**	-0.102	0.335	-0.305	0.764
	ارتفاع گیاه Plant height (X_6)	0.445*	-3.234	6.418	-0.504	0.662
	طول سنبله Spike length (X_7)	0.631**	-45.865	74.436	-0.616	0.547
	محتوای کلروفیل Chlorophyll content (X_8)	0.309ns	1.485	6.586	0.225	0.825
تنش آبی Water stress	عملکرد زیست‌توده Biological yield (X_1)	0.773**	0.398	0.014	27.707	0.000
	شاخص برداشت Harvest index (X_2)	0.477*	52.580	2.235	23.525	0.000
	وزن هزار دانه 1000-grain weight (X_3)	0.104ns	-4.633	3.512	-1.319	0.207
	تعداد دانه در سنبله Seed no. per spike (X_4)	0.179ns	4.146	3.562	1.164	0.263
	تعداد پنجه در مترمربع Spike no. per meter (X_5)	0.178ns	0.049	0.125	0.392	0.700
	ارتفاع گیاه Plant height (X_6)	0.508*	0.830	2.358	0.352	0.730
	طول سنبله Spike length (X_7)	0.263ns	-66.073	21.435	-3.083	0.008
	محتوای کلروفیل Chlorophyll content (X_8)	0.416*	-4.074	2.715	-1.500	0.154
آبیاری مطلوب Normal irrigation	Y-intercept (a) = -3427.553	SE = 761.271		Adjusted R^2 = 0.977		R^2 = 0.985
تنش آبی Water stress	Y-intercept (a) = -1753.207	SE = 205.846		Adjusted R^2 = 0.989		R^2 = 0.993

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، ns: بدون اختلاف معنی‌دار.

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

در این معادلات، GY: عملکرد دانه و X_1 تا X_8: صفات مورد ارزیابی هستند. معادله‌های بالا به‌ترتیب 98/5 و 99/3 درصد از تغییرات درون صفات مرتبط با عملکرد دانه در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش آبی را توجیه می‌کنند و باقی تغییرات (1/5 و 0/7 درصد به‌ترتیب در شرایط مطلوب رطوبتی و تنش آبی) ممکن است به‌واسطه سایر اثرات باقی مانده باشد (جدول 5). با توجه به آزمون t در شرایط مطلوب رطوبتی، شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده (در سطح احتمال p<0/001) به‌طور معنی‌داری در عملکرد دانه مشارکت داشتند. به‌علاوه، این آزمون نقش معنی‌دار این دو صفت (در سطح p<0/001) و هم‌چنین طول سنبله (در سطح p= 0/008) در عملکرد دانه در شرایط تنش آبی را نیز اثبات کرد. امّا، سایر صفات نقش معنی‌داری در عملکرد دانه ایفا نکردند (جدول 5).

بنابراین، با توجه به همبستگی ساده و رگرسیون خطی چندگانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت در شرایط مطلوب و تنش آبی، جهت دسترسی به عملکرد دانه بیشتر مورد تأکید خواهد بود. به‌علاوه، لیلا و الخطیب (Leilah & Al-Khateeb, 2005) نیز با بررسی ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش آبی، این صفات را به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه معرفی کردند. هی و والکر (Hay & Walker, 1989) نیز گزارش کردند که افزایش مجموع ماده خشک تولیدی، ضمن نگهداری شاخص برداشت کنونی، محتمل‌ترین روش افزایش بیشتر عملکرد دانه در گندم است. به‌علاوه، رینولدز و همکاران (Reynolds et al., 2009) نیز بیان کردند که زمانی افزایش در عملکرد زیست‌توده گیاه گندم مفید خواهد بود که سهم اندام‌های اقتصادی آن (شاخص برداشت) نیز افزایش یابد.

نتیجه‌گیری

در مجموع، نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که قطع آبیاری پس از گل‌دهی تنش آبی شدیدی را در دوره پر شدن دانه بر گیاه جو وارد کرد و باعث کاهش اجزائی از عملکرد دانه شد که در این دوره شکل می‌گرفتند. از این‌رو، وزن هزار دانه در مرحله اول و سپس تعداد دانه در سنبله و تعداد پنجه بارور در مترمربع به‌ترتیب تحت تأثیر شدت تنش آبی قرار گرفتند. به دنبال آن عملکرد دانه نیز به‌واسطه تنش آبی انتهایی کاهش یافت و امّا، این کاهش در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود. عملکرد دانه در شرایط عدم استفاده از کود نیتروژن (شاهد)، کود نیتروژن خالص (100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، کود تلفیقی (50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار + باکتری *آزوسپیریلوم*) و کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*) به‌ترتیب به‌مقدار 24/1، 46/8، 44/3 و 22/1 درصد کاهش یافت. بنابراین، چنان‌چه کشاورزان به‌دلیل کمبود منابع آب قصد قطع آبیاری پس از مرحله گل‌دهی در گیاه جو را داشته باشند، توصیه می‌شود که با توجه به کمترین مقدار کاهش عملکرد دانه در شرایط استفاده از کود زیستی (باکتری *آزوسپیریلوم*) و پس از آن عدم استفاده از کود نیتروژن و هم‌چنین عدم اختلاف معنی‌دار بین منابع مختلف نیتروژن در شرایط قطع آبیاری پس از گل‌دهی و ملاحظات اقتصادی، هیچ منبعی از کود نیتروژن را به‌کار نبرند. در شرایط آبیاری مطلوب نیز عملکرد دانه به‌واسطه کاربرد 100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار و کود تلفیقی (50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار + باکتری *آزوسپیریلوم*) به‌ترتیب به‌مقدار 45/1 و 50/9 درصد و به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. از آن‌جایی‌که اختلاف معنی‌داری بین کود نیتروژن خالص و کود تلفیقی وجود نداشت و با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی و استراتژی حرکت به‌سمت کشاورزی کم‌نهاده در اکوسیستم‌های زراعی، استفاده از 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه باکتری *آزوسپیریلوم* [به‌صورت بذرمال و سرک به‌ترتیب در مراحل پنجه‌زنی (کد زیداکس 21) و ساقه‌رفتن (کد زیداکس 31)] در شرایط مطلوب آبیاری توصیه می‌شود.

References

Ajam-norozi, H., Dadashi, M.R., Faraji, A., Mosanaiey, H., and Pessarakli, M., 2016. The simultaneous effect of seed quality, plant density, and nitrogen fertilizer on physiological and yield characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research 11(44): 20-32. (In Persian with English Summary)

Alizadeh, A., 2001. Soil-water-plant relationship. Emam Reza University, Mashhad, Iran. (In Persian)

Amoo-Aghaie, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G., 2004. Effect of *Azospirillum* bacteria on some growth parameters and yield of three wheat cultivars. Journal of Water and Soil Science 7(2): 127-138. (In Persian with English

Summary)

Anderson, D., and Russell, G., 1964. Effects of various quantities of straw mulch on the growth and yield of spring and winter wheat. Canadian Journal of Soil Science 44(1): 109-118.

Arzanesh, M.H., Alikhani, H., Khavazi, K., Rahimian, H., and Miransari, M., 2010. Wheat (*Triticum aestivum* L.) growth enhancement by *Azospirillum* sp. under drought stress. World Journal of Microbiology and Biotechnology 27: 197-205.

Azadi, S., Siadat, S., Naseri, R., Soleiman-fard, A., and Mirzai, A., 2015. Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. Journal of Crop Ecophysiology 26(2): 129- 146. (In Persian with English Summary)

Bahari-Saravi, S., and Pirdashti, H., 2014. Evaluation of application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and phosphate solubilizer (PSM) on yield and yield components of wheat (N80) in different levels of nitrogen and phosphorus in greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 10(4): 681-689. (In Persian with English Summary)

Barati, V., and Ghadiri, H., 2016. Effects of drought stress and nitrogen fertilizer on yield, yield components and protein content of two barley cultivars. Journal of Crop Production and Processing 6(20): 191-207. (In Persian with English Summary)

Barati, V., Ghadiri, H., Zand-Parsa, S., and Karimian, N., 2015. Nitrogen and water use efficiencies and yield response of barley cultivars under different irrigation and nitrogen regimes in a semi-arid mediterranean climate. Archives of Agronomy and Soil Science 61(1): 15-32.

Barik, A., and Goswami, A., 2003. Efficacy of biofertilizers with nitrogen levels on growth, productivity and economics in wheat (*Triticum aestivum* L.). Indian Journal of Agronomy 48: 100-102.

Bredemeier, C., 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph.D. Dissertation, Technical University of Munich, Germany.

Compant, S., Van Der Heijden, M.G., and Sessitsch, A., 2010. Climate change effects on beneficial plant–microorganism interactions. FEMS Microbiology Ecology 73(2): 197-214.

Cox, W.J., and Jolliff, G.D., 2007. Growth and yield of durum wheat under soil water deficits. Agronomy Journal 78: 226-230.

Creus, C.M., Pereyra, M.A., Casanovas, E.M., Sueldo, R.J., and Barassi, C.A., 2010. Plant growth-promoting effects of rhizobacteria on abiotic stressed plants. *Azospirillum*-grasses model. The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology 4(1): 49-59.

Demir, A.O., Goksoy, A.T., Buyukcangaz, H., Turan, Z.M., and Koksal, E.S., 2006. Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. Irrigation Science 24(4): 279-289.

Dideban, B., Beygi, D., Nabi, A., and Sadeghi. L., 2012. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on chlorophyll of rapeseed (*Brassica napus* L.). First National Conference on Agriculture in Difficult Environmental Conditions, Islamic Azad University-Ramhormoz Branch, Ramhormoz, Iran, 10 May 2012. (In Persian)

Fadaei, A., Gholami, A., Ramezan-pour, M., and Abbas-doust, H., 2014. The effect of combination of organic and chemical fertilizers on some growth characteristics of wheat. the First National Conference on the New Opportunities for Agricultural Production and Employment in the East of the Country, Birjand University, Birjand, Iran, 14 February 2014. (In Persian)

Fallah-Heravi, A., Abbasdukht, H., Zare-Feizabadi, A., and Gholami, A., 2015. Effects of conventional and conservation tillage with management residue on wheat (*Triticum aestivum* L.) physiological properties. Iranian Journal of Filed Crop Science 47: 277-289. (In Persian with English Summary)

Farhoodi, R., Chaichi, M.R., Majnoun-hosseini, N., and Savaghebi, G., 2008. Effect of wheat residue management on soil properties and sunflower yield in double cropping system. Iranian Journal of Field Crop Sciences 39(1): 11-21. (In Persian with English Summary)

Foroud, N., Mundel, H.H., Saindon, G., and Entz, T., 2008. Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein, and oil responses. Field Crops Research 31: 195-209.

Grimes, D., Yamada, H., and Hughes, S., 1987. Climate-normalized cotton leaf water potentials for irrigation scheduling. Agricultural Water Management 12: 293-304.

Hadi, H., Babaei, N., Daneshian, J., Arzanesh, M., and Hamidi, A., 2012. Effects of *Azospirillum lipoferum* on

seedling characteristics derived from sunflower (*Helianthus annus* L.) seed water deficit conditions. Journal of Agroecology 3(3): 320-327. (In Persian with English Summary)

Hegde, D., Dwivedi, B., and Sudhakara Babu, S., 1999. Biofertilizers for cereal production in India: A review. Indian Journal of Agricultural Science 69: 73-83.

Heydarian-burkhob, Z., Asgharzadeh, N., and Sarikhani, M., 2011. A look at the importance of *Azospirillum* bioactive fertilizers and their application in sustainable agriculture. First Congress on Fertilizer Challenges in Iran, Soil and Water Research Institute, Tehran, Iran, 1 March 2011. (In Persian)

Hay, R.K.M., and Walker, A.J., 1989. An introduction to the physiology of crop yield. Longman Scientific and Technical, Harlow, England.

Hojati-pour, I., Jafari haghighi, B., and Dorostkar, M., 2014. The effect of integration of biological and chemical fertilizers on yield, yield components and growth indexes of wheat. Journal of Ecophysiology 15: 36-48. (In Persian with English Summary)

Institute S., 2004. SAS/GRAPH 9.1 Reference. SAS Institute.

Kamali, M., Shoor, M., Nemati, S., Lakzian, A., and Khazaee, H., 2018. Evaluate the effect of deficit irrigation on water relations, growth and physicochemical changes in Petunia (*Petunia garandiflora*) var. “Supercascade”, “Tango Blue” and “Tango White”. Journal of Plant Process and Function 7(23): 283-296. (In Persian with English Summary)

Kandil, A.A., El-Hindi, M.H., Badawi, M.A., El-Morarsy, S.A., and Kalboush, F.A.H.M., 2011. Response of wheat to rates of nitrogen, biofertilizers and land leveling. Crop Environment 2(1): 46-51.

Kapulnik, Y., Gafny, R., and Okon, Y., 2010. Efeect of *Azospirillum* spp. inoculation on root development and NO_3 uptake in wheat in hydroponic system. Canadian Journal of Botany 63: 627-631.

Kasim, W.A., Gaafar, R.M., Abou-Ali, R.M., Omar, M.N., and Hewait, H.M., 2016. Effect of biofilm forming plant growth promoting rhizobacteria on salinity tolerance in barley. Annals of Agricultural Sciences 61(2):217-227.

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

Keshavarz-nezhad, A., Kazemini, S.A.R., and Bahrani, M.J., 2014. Yield and nitrogen use efficiency of wheat as influenced by different levels of nitrogen and corn, rapeseed, sunflower and wheat residues. Journal of Crop Production and Processing 3(10): 181-191. (In Persian with English Summary)

Khosravi, H., 2015. *Azotobacter* and its role in soil fertility management. Land Management Journal 2(2): 79-94. (In Persian with English Summary)

Kumar, K., and Goh, K., 1999. Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. Advances in Agronomy 68: 197-319.

Leilah, A.A., and Al-Khateeb, S.A., 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal of Arid Environment 61: 483-496.

Liu, X.L., Gao, Z., Liu, C.S., and Si, L.Z., 1996. Effect of combined application of organic manure and fertilizers on crop yield and soil fertility in a located experiment. Acta Pedologica Sinica 33: 138-147.

Marulanda, A., Barea, J.M., and Azcón, R., 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments: mechanisms related to bacterial effectiveness. Journal of Plant Growth Regulation 28(2): 115-124.

Pazoki, A., 2016. Effects of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) on yield and yield components of durum wheat under drought stress condition in Shahr-e-Rey region. Cereal Research 6:105-117. (In Persian with English Summary)

Pour-eid, S., Habibi, D., and Tohidlou, Q., 2013. The study of the effect of growth promoting bacteria (*Pseudomonas, Azospirillum*) and nitrogen fertilizers on wheat growth and yield. First National Conference on Sustainable Agricultural Development and Healthy Environment, Hamedan, Iran. 26 February 2013. (In Persian)

Rahimzade, S., Sohrabi, Y., Heidari, R., and Pirzade, R., 2011. The effect of biofertilizers on some morphological traits and performance of medicinal herbs. Journal of Horticulture Sciences 25: 335-334. (In Persian with English Summary)

Remans, R., Croonenborghs, A., and Gutierez, R., 2010. Effects of plant growth prompting rhizobacteria on nodulation of *Phseolus vulgaris* L. are dependent on plant P nutrition. European Journal of Plant Pathology 119: 341-351.

Reynolds, M., Foulkes, J., Slafer, G.A., Berry, P., Parry, M.A.J., Snape, J.W., and Angus, W.J., 2009. Raising yield potential in wheat. Journal of Experimental Botany 68:183-190.

Sadeghi, H., and Bahrani, M.J., 2009. Effects of crop residue and nitrogen rates on yield and yield components of two dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Plant Production Science 12: 497-502.

Sadeghi, H., and Kazemeini, S.A.R., 2015. 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 Sciences 13(3): 436-451. (In Persian with English Summary)

Sandhya, V., Ali, S., Grover, M., Kishore, N., and Venkateswarlu, B., 2010. *Pseudomonas* sp. strain P45 protects sunflowers seedlings from drought stress through improved soil structure. Journal of Oilseed Research 26: 600-601.

Sarig, S., Blum, A., and Okon, Y., 1988. Improvement of the water status and yield of field-grown grain sorghum (*Sorghum bicolor*) by inoculation with *Azospirillum brasilense*. The Journal of Agricultural Science 110: 271-277.

Shahpary, F., and Fateh, E., 2016. Different residue type and management and nitrogen on yield and quality of durum wheat (*Triticum durum* L.) Journal of Crop Production 9(3): 87-104. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K., 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.

Sieling, K., Schroder, H., Finck, M., and Hanus, H., 1998. Yield, N uptake and apparent N use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. The Journal of Agricultural Science 131(4): 375-387.

Siosemarde, A., Fateh, H., and Badakhshan H., 2014. Responses of photosynthesis, cell membrane stability and antioxidative enzymes to drought stress and nitrogen fertilizer in two barley (*Hordeum vulgare*) cultivars under controlled condition. Iranian Journal of Field Crops Research 12(2): 215-228. (In Persian with English Summary)

Sohrabi, S., Fateh, A., Aeeneband, A., and Rahnama, A., 2015. Evaluation the effect of the residue management and different nitrogen sources on wheat yield and components. Journal of Agroecology 6(3): 645-655. (In Persian with English Summary)

Somasegaran, P., and Hoben, H.J., 2012. Handbook for rhizobia: methods in legume-rhizobium technology. Springer Science and Business Media, University of Hawaii, New York, USA.

Taiz, L., and Zeiger, E., 2010. Plant physiology. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

Tale, A., and Haddad, R., 2011. Study of silicon effects on antioxidant enzyme activities and osmotic adjustment of wheat under drought stress. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 47: 17-27.

Taylor, A.J., Smith, C.J., and Wilson, I.B., 2001. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on yield, oil content, nitrogen accumulation and water use of canola (*Brassica napus* L.). Fertilizer Research 29:249-260.

Torbert, H.A., Potter, K.N., Hoffman, D.W., Gerik, T.J., and Richardson, C., 2000. Surface residue and soil moisture affect fertilizer loss in simulated runoff on a heavy clay soil. Agronomy Journal 91: 606-612.

Van Herwaarden, A., Farquhar, G., Angus, J., Richards, R., and Howe, G., 1998. 'Haying-off', the negative grain yield response of dryland wheat to nitrogen fertilizer. I. Biomass, grain yield, and water use. Australian Journal of Agricultural Research 49: 1067-1082.

Wallace, J., Frick, B.L., Telford, L., and Martens, J.T., 2017. Organic Field Crop Handbook. Canadian Organic Growers, Ottawa, Ontario, Canada. 422p.

Wu, S., Cao, Z., Li, Z., Cheung, K., and Wong, M., 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F., 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Research 14: 415-421.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 107-126

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 126-107

Effects of Different Nitrogen Fertilizer Sources and Crop Residues on Yield and Yield Components of Barley (*Hordeum vulgare* L.) under Late Season Water Stress

M. Niazi Ardakani[1], V. Barati[2*], E. Bijanzadeh[3] and A. Behpouri[2]
Submitted: 09-04-2019
Accepted: 01-07-2019

Niazi Ardakani, M., Barati, V., Bijanzadeh, E., and Behpouri, A., 2020. Effects of different nitrogen fertilizer sources and crop residues on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.) under late season water stress. Journal of Agroecology 12 (1): 107-126.

Introduction

Inappropriate use of chemical inputs damages soil beneficial microorganisms and consumer health. In order to reduce or eventually eliminate chemical inputs, bio-agroecosystems was founded. *Azospirillum* is one of the most studied genera as nitrogen fixing bacteria in agroecosystems. About 70 percent of the experiments have demonstrated the *Azospirilum* ability for increasing crop yield. Furthermore, some studies have shown that *Azospirilum* has a stress-reduction mechanism. Therefore, it seems that the *Azospirilum* is a suitable microorganism for low yielding conditions (water and N) of southern Iran. On the contrary, with respect to the importance of soil organic matter for microorganisms survival, its deficiency in soils of southern Iran is the biggest challenge for using the microorganisms as biofertilizers. Also, experiments on the interactive effects of crop residue, water deficiency and N sources (biological or chemical) on barley yield are quite scarce in southern Iran. Therefore, the aims of this study were to investigate the effects of crop residue management, different N sources (such as biological and chemical) and water stress conditions on barley yield in arid conditions of southern Iran (Fars province).

Materials and Methods

This research was conducted at the experimental farm of the Darab Agricultural College of Shiraz University during the 2017-2018 growing season. A split factorial layout based on a randomized complete block design with three replications was used. Treatments included: two irrigation levels as the main plots [1. Normal (IR_N): irrigation based on the plant's water requirement up to the physiological maturity and 2. Deficit irrigation (IR_{DI}): irrigation based on the plant's water requirement up to the anthesis stage (cutting of irrigation after anthesis)]. Also, subplots were two levels of plant residues [1. without residue, 2. returning 30% of wheat residues to soil] and four fertilizer sources [N_0, no nitrogen fertilizer (control) ;N_{100}, 100 kg N ha^{-1}; Bio + N_{50}, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1} and Bio, Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*)]. Biological yield and grain yield, yield components, plant height, spike length and chlorophyll content of flag leaf were measured. Then, the harvest index was calculated. Data were analyzed by using SAS 9.1 software and the means were separated using Duncan's multiple range test at 5% probability level.

Results and Discussion

The results showed that the cutting of irrigation after anthesis could cause severe water stress in the grain-filling period of the barley life cycle and consequently reduction of 1000-seed weight, the number of seeds per spike and the number of fertile tillers per m^2. The interaction effect of irrigation regime × N fertilizer source on grain yield was significant at 1% probability level. The highest grain yield was achieved in IR_N and Bio + N_{50} (4049 kg ha^{-1}). Water stress reduced grain yield at all N fertilizer sources as compared with IR_N. However, this reduction was different in N fertilizer sources (24.1%, 46.8%, 44.3% and 22.1% in N_0, N_{100}, Bio + N_{50} and Bio, respectively). With respect to the lowest amount of grain yield reduction due to water stress in Bio and then in N_0 treatments and economic considerations, N_0 treatment can be recommended for use in the cutting of irrigation after anthesis (IR_{DI}) strategy.

Conclusion

1, 2 and 3- MSc. Student, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agro-ecology, Faculty of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, shiraz, Iran.
(*- Corresponding Author Email: v.barati@shirazu.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.79989

According to the results of this study, the highest barley grain yield achieved by the integrated N fertilizer [Biofertilizer (*Azospirillum brasilense*) + 50 kg N ha^{-1}] in normal irrigation. Deficit irrigation after anthesis significantly decreased barley grain yield at all N sources. Therefore, this irrigation regime was not recommended for barley farms of southern Iran. But if farmers intend to the cutting of irrigation after anthesis because of water resources deficiency, with respect to the lack of significant difference among N sources in this condition, it is recommended that no N fertilizer is applied.

Keywords: *Azospirillum* bacteria, Biomass yield, Harvest index, Inoculation

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 127-142

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۴۲-۱۲۷

ارزیابی کارآیی مصرف منابع و وضعیت پایداری در دو بوم‌نظام زراعی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با استفاده از تحلیل امرژی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان)

حمیدرضا شاه حسینی[۱]، محمود رمرودی[۲*] و حسین کاظمی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۵/۰۷

شاه حسینی، ح.ر.، رمرودی، م. و کاظمی، ح. ۱۳۹۹. ارزیابی کارآیی مصرف منابع و پایداری دو بوم‌نظام زراعی سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با استفاده از تحلیل امرژی (مطالعه موردی: شهرستان گرگان). بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲ (۱): ۱۴۲-۱۲۷.

چکیده

فشردگی بوم‌نظام‌های کشاورزی و محدودیت منابع محیطی، ضرورت تعیین کارآیی مصرف منابع در راستای دستیابی به اصول پایداری، از لحاظ مصرف منابع محیطی و اقتصادی را در نظام‌های کشاورزی ایجاب کرده است. تحلیل امرژی، به‌عنوان ابزار مناسبی برای این منظور، در بوم‌نظام‌های مختلف استفاده می شود. این پژوهش با هدف ارزیابی و مقایسه کارآیی مصرف منابع و پایداری بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) با استفاده از تحلیل امرژی در شهرستان گرگان در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ انجام شد. به این منظور، تعداد ۱۰۰ پرسش‌نامه برای سیب‌زمینی‌کاران پاییزه و ۶۰ پرسش‌نامه برای سیب‌زمینی‌کاران بهاره تکمیل شد. پس از تعیین مرزهای مکانی و زمانی و تقسیم‌بندی منابع به چهار گروه محیطی تجدیدپذیر، محیطی تجدیدناپذیر، بازاری (خریداری شده) تجدیدپذیر و بازاری تجدیدناپذیر، شاخص‌های امرژی در دو بوم‌نظام، محاسبه و مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج نشان داد ورودی امرژی کل برای بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب $1/71\times10^{16}$ و $1/76\times10^{16}$ امژول خورشیدی در هکتار در سال بود. در بوم‌نظام پاییزه وابستگی به ورودی‌های خریداری شده بیشتر از ورودی‌های محیطی بود، درحالی‌که در بوم‌نظام بهاره، این مورد عکس بود. بیشترین سهم از ورودی امرژی کل در هر دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره مربوط به مصرف آب زیرزمینی به‌ترتیب ۲۳/۹۲ و ۴۵/۲۸ در صد بود. در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب، شاخص ضریب تبدیل $1/50\times10^{5}$ و $2/54\times10^{5}$ امژول خورشیدی بر ژول، تجدیدپذیری امرژی ۲۲/۸۵ و ۱۲/۷۸ درصد، نسبت عملکرد امرژی ۱/۴۴ و ۲/۰۶، نسبت سرمایه‌گذاری امرژی ۲/۲۹ و ۰/۹۴، نسبت بارگذاری محیطی ۲۹/۱۰ و ۳۰/۰۲ و شاخص پایداری امرژی ۰/۰۵ و ۰/۰۷ بود. اختلاف بین بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره از نظر تمام شاخص‌های امرژی معنی‌دار شد. علی‌رغم سهم بالاتر ورودی‌های محیطی نسبت به بازاری در بوم‌نظام بهاره، مصرف زیاد آب زیرزمینی، به‌عنوان یک ورودی تجدیدناپذیر، موجب تشدید فشار محیطی در این بوم‌نظام گردید. استفاده از روش‌های نوین آبیاری، موجب بهبود مصرف آب و در نتیجه کاهش فشار محیطی در بوم‌نظام بهاره خواهد شد. عملکرد، سودمندی و کارآیی تولید، تجدیدپذیری و پایداری محیطی بوم‌نظام پاییزه به‌طور معنی‌داری از بهاره بیشتر بود. پایداری اقتصادی بوم‌نظام پاییزه کمی از بوم‌نظام بهاره کمتر بود که عمدتاً به‌خاطر مصرف نامعقول ورودی‌های بازاری از قبیل بذر و سوخت‌های فسیلی بود. مدیریت و کاربرد بهینه این ورودی‌ها موجب افزایش پایداری اقتصادی در بوم‌نظام پاییزه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، پایداری اقتصادی، فشار محیطی، کارآیی تولید

مقدمه

فشرده سازی در کشاورزی به‌منظور تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد، توأم با محدود شدن زمین‌های قابل کشت و افزایش استانداردهای زندگی، اثرات منفی مختلفی بر محیط از جمله تخریب

۱ و ۲- به‌ترتیب، دانشجوی دکتری اگرواکولوژی و دانشیار گروه زراعت دانشگاه زابل، ایران.
۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: mramroudi42@uoz.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.81189

زمین و آلودگی آب‌های زیرزمینی، تغییر اقلیم و کاهش تنوع زیستی داشته است (Foley et al., 2011). بنابراین، نظام‌های کشاورزی که از یک طرف، فراهم‌کننده غذای کافی و از طرف دیگر، حفاظت‌کننده کیفیت محیط باشند، به‌عنوان نمونه‌ای از پایداری در کشاورزی، مورد توجه هستند (Kumaraswamy, 2012). کشاورزی مصرف‌کننده هر دو نوع منابع محیطی و اقتصادی می‌باشد. بنابراین، باید سهم هر دو منبع، در ارزیابی پایداری بوم‌نظام‌ها در نظر گرفته شود (Campbell, 1998).

امرژی، هر نوع انرژی قابل استفاده است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید یک محصول یا ارائه یک خدمت مصرف شده و واحد آن امژول است (Odum, 1996). توانایی انجام کار در فرم‌های مختلف انرژی، یکسان نیست و از آن‌جایی‌که بیوسفر، مشتق شده از انرژی خورشید می‌باشد، امرژی خورشیدی به‌عنوان مقیاس اصلی در اغلب ارزیابی‌های امرژی به‌کار رفته و واحد آن امژول خورشیدی می‌باشد (Brown & Ulgiati, 2004). تحلیل امرژی با ارزیابی هر دو جنبه اقتصادی و محیطی پایداری، امکان مدیریت تلفیقی آن‌ها را فراهم کرده و قادر به ارزیابی هر دو کیفیت و کمیت جریان‌های ماده و انرژی در یک نظام تلفیقی می‌باشد (Brown & Ulgiati, 2004). تحلیل امرژی، شاخص‌های ارزیابی زیادی دارد که بینش دقیق‌تری در خصوص میزان تجدیدپذیری منابع و سهم منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و ورودی‌های محیطی و بازاری از امرژی کل پیش‌برنده یک نظام، فراهم کرده و برای ارزیابی رفتار نظام‌های تولید به‌کار می‌رود. کارآیی، تجدیدپذیری، فشار محیطی و در نهایت، پایداری یک نظام را می‌توان به‌دقت با استفاده از شاخص‌های امرژی از نظر محیطی و اقتصادی ارزیابی کرد (Brown & Ulgiati, 2004; Odum, 2000).

تحلیل امرژی در مناطق مختلف مانند شهرستان‌ها، جنگل‌ها، دریاها، علفزارها و نظام‌های تولید محصول قابل انجام است (Zhai et al., 2017). برای مثال، ارزیابی پایداری بوم‌نظام‌های زراعی گندم و ذرت در جهرم با استفاده از تحلیل امرژی نشان داد پایداری گندم نسبت به ذرت در این منطقه بیشتر است که دلیل اصلی آن فشار کمتر گندم نسبت به ذرت بر محیط، به‌دلیل وابستگی بیشتر به ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر می‌باشد (Houshyar et al., 2018). ارزیابی تولید متداول ذرت علوفه‌ای و مقایسه آن با تولید متداول گندم در دانمارک نشان داد، تولید متداول ذرت علوفه‌ای از پایداری اقتصادی و محیطی بیشتری برخوردار است (Ghaley et al., 2018). هدف از این پژوهش، ارزیابی امرژی دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) به‌منظور تعیین و مقایسه میزان کارآیی و پایداری این دو بوم‌نظام و ارائه پیشنهاداتی برای مدیریت بهینه و پایدار نظام تولید این محصول مهم در منطقه مورد مطالعه، به‌عنوان یکی از قطب‌های تولید محصولات زراعی در ایران بود.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه مورد مطالعه و جمع‌آوری داده‌ها: این پژوهش در سال زراعی ۹۷- ۱۳۹۶ در شهرستان گرگان، مرکز استان گلستان، انجام شد. جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسش‌نامه و مصاحبه چهره‌به‌چهره با کشاورزان و مدیران مزارع انجام گرفت. برای تعیین تعداد پرسش‌نامه از رابطه کوکران (معادله ۱) استفاده شد (Cochran, 2003).

$$n=\frac{\frac{z^2pq}{d^2}}{1+\frac{1}{N}\left(\frac{z^2pq}{d^2}-1\right)}$$ معادله (۱)

که در آن، n: حجم نمونه، N: حجم جامعه آماری، z: مقدار خطای معیار ضریب اطمینان قابل قبول (۱/۹۶)، p: نسبتی از جمعیت دارای صفتی معین (۰/۵)، q: نسبتی از جمعیت فاقد صفتی معین (۰/۵) و d: دقت احتمالی مطلوب بود. تعداد پرسش‌نامه برای سیب‌زمینی‌کاران پاییزه، ۱۰۰ و برای سیب‌زمینی‌کاران بهاره، ۶۰ در نظر گرفته شد. انتخاب کشاورزان با روش نمونه‌برداری تصادفی طبقه‌ای انجام شد.

تحلیل امرژی: اولین مرحله در ارزیابی امرژی، ترسیم دیاگرام امرژی به‌منظور تعیین مرزهای مکانی و زمانی و تعیین مهم‌ترین ورودی‌های نظام و جریان‌های ماده، انرژی و جریان اقتصادی در آن (شکل ۱) است (Odum, 1996; Odum, 2000). این عمل، ورودی‌ها به نظام را به محیطی یا غیرمحیطی، بازاری یا غیربازاری و تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر تقسیم می‌کند (Odum, 2000).

شکل ۱- دیاگرام جریان امرژی بوم‌نظام‌های زراعی سیب‌زمینی در شهرستان گرگان
Fig. 1- Emergy flow diagram of potato agricultural ecosystems in Gorgan County

برای محاسبه شاخص‌های امرژی، تمام ورودی‌ها به چهار گروه ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر (R)، ورودی‌های محیطی که به‌طور بالقوه تجدیدپذیر هستند، امّا به‌دلیل زمان بسیار زیاد در تجدید آن‌ها به‌عنوان ورودی‌های محیطی تجدیدناپذیر در نظر گرفته می‌شوند (N_0)، ورودی های بازاری تجدید پذیر (F_R) و ورودی های بازاری تجدیدناپذیر (F_N) تقسیم می شوند (Asgharipour et al., 2019). اطلاعات مربوط به فرآیندهای تولید درون مزرعه مانند عملیات آبیاری، زراعی و مکانیکی توسط پرسش نامه جمع‌آوری گردید. اطلاعات مربوط به میزان فرسایش و ماده آلی خاک از اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان و اطلاعات مربوط به ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر شامل نور خورشید، باران و باد، از اداره کل هواشناسی استان گلستان جمع‌آوری شد (جدول ۱).

جدول ۱- میانگین بلندمدت سالانه متغیرهای اقلیمی و خاکی در شهرستان گرگان
Table 1- Average climatic and edaphic variables over a long run in Gorgan County

متغیر Item	واحد Unit	میانگین بلندمدت سالانه Long-term annual average
تشعشع خورشیدی Solar isolation	$J.m^{-2}$	1.74×10^{7}
بارندگی Rainfall	mm	500
سرعت باد Wind speed	$m.s^{-1}$	6.24
میزان فرسایش خاک Soil erosion rate	$kg.ha^{-1}$	15000
ماده آلی خاک Soil organic matter	%	1.7

جریان امرژی منابع تجدیدپذیر برای تمام مزارع در این تحقیق، یکسان در نظر گرفته شد. محاسبه مقدار ورودی کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، بر اساس مقدار ماده مؤثره آن‌ها انجام شد (Jafari et al., 2018). اطلاعات مربوط به وزن ماشین‌آلات و سوخت و روغن مصرفی آن ها از دفترچه راهنما استخراج و میانگین عمر مفید ماشین‌آلات در ایران ۱۰ سال در نظر گرفته شد (Houshyar et al., 2018). هم‌چنین بر اساس مصاحبه‌های انجام شده با کشاورزان، مساحت کاربرد سالانه ماشین‌آلات ۱۰۰۰ هکتار در نظر گرفته شد. برای محاسبه ورودی ماشین‌آلات، مجموع وزن ماشین‌آلات مورد استفاده بر مساحت کاربرد سالانه آن‌ها و سپس بر عمر مفید آن‌ها تقسیم گردید (Houshyar et al., 2018). ضریب تجدیدپذیری نیز برای تمام ورودی‌ها تعیین شد. برای مثال، ضریب تجدیدپذیری ۰/۱۰ برای نیروی کارگری نشان‌دهنده این است که ۹۰ درصد از نیروی کارگری از منابع تجدیدناپذیر نتیجه شده و به‌عنوان F_N ثبت می‌گردد و ۱۰ درصد از منابع تجدیدپذیر بوده که به‌عنوان F_R در نظر گرفته می‌شود. این ضریب برای کود دامی و الکتریسیته در ایران به‌ترتیب ۰/۸۰ و ۰/۰۲ است (Jafari et al., 2018). مقدار ضریب تجدیدپذیری برای بذر سیب‌زمینی، بر اساس شرایط تولید آن در ایران محاسبه شد که ۰/۳۷ بود. تمام محاسبات مربوط به تعیین میزان امرژی و شاخص‌های آن، توسط نرم‌افزار Excel 2007 انجام شد. برای محاسبه میزان امرژی خورشیدی ورودی‌ها و خروجی در نظام تولید سیب‌زمینی، پس از تعیین مهم‌ترین ورودی‌ها و خروجی، ابتدا مقدار خام آن‌ها در هرکدام از ۱۶۰ مزرعه بر حسب واحد جرم (گرم) یا واحد انرژی (ژول)، در هکتار در سال تعیین شد. ضریب تبدیل برای محاسبه محتوای انرژی سوخت فسیلی ۵۶/۳۱ (Houshyar et al., 2018)، نیروی کارگری ۱/۹۶ (Zangeneh et al., 2010)، الکتریسیته ۳/۶۰ (Kazemi et al., 2018) و سیب‌زمینی ۳/۶۰ (Zangeneh et al., 2010) بود. برای محاسبه ورودی‌های محیطی نور خورشید، باد، باران، فرسایش خاک و آب زیرزمینی بر حسب واحد ژول، به‌ترتیب از معادله‌های ۲ تا ۶ استفاده شد.

معادله (۲)

$$\text{Solar energy}= (10000\ m^2.ha^{-1})\times(\text{isolation})\times(1\text{-albedo})$$

که در آن، میزان آلبدو برای سیب‌زمینی ۰/۲۲ بود (Ghaley et al., 2018).

معادله (۳)

$$\text{Wind energy}= (10000\ m^2.ha^{-1})\times(\text{density of wind})\times(\text{drag coefficient})\times(\text{wind speed})^3\times(\text{time})$$

که در آن، چگالی باد ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب، ثابت درگ ۰/۰۰۱ و زمان $۳/۱۵\times۱۰^{۷}$ ثانیه بود (Ghaley et al., 2018).

معادله (۴)

$$\text{Rain energy}= (10000\ m^2.ha^{-1})\times(\text{rainfall})\times(\text{density})\times(\text{gibbs free energy})$$

که در آن، چگالی باران ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و انرژی آزاد گیبس ۴۹۴۰ ژول بر کیلوگرم بود (Houshyar et al., 2018).

معادله (۵)

$$\text{Energy of soil erosion}= (\text{soil loss})\times(\%\text{organic matter})\times(\text{organic matter energy})\times(\text{conversion})$$

که در آن، انرژی ماده آلی ۵۴۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم و عامل تبدیل ۴۱۸۶ ژول بر کیلوکالری بود (Houshyar et al., 2018).

معادله (۶)

$$\text{Groundwater}= (\text{average quantity})\times(\text{density})\times(\text{gibbs free energy})$$

که در آن، چگالی آب ۱۰۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و انرژی آزاد گیبس ۴۹۴۰ ژول بر کیلوگرم بود (Houshyar et al., 2018).

امرژی خورشیدی هر ورودی با ضرب مقدار خام آن در ضریب تبدیل امرژی خورشیدی مربوطه محاسبه شد (Odum, 2000). لازم به ذکر است ضرایب تبدیل از مطالعاتی انتخاب شدند که بیشترین شباهت با این تحقیق را داشته باشند. تحلیل امرژی در این تحقیق بر اساس ضریب سیاره‌ای $۱۲/۱\times۱۰^{۲۴}$ امژول خورشیدی در سال انجام شد و ضرایب تبدیل نیز بر این اساس تعیین گردید (Brown et al., 2016). مقدار ورودی امرژی کل نیز برای هر مزرعه با جمع مقادیر امرژی تمام ورودی‌ها در آن مزرعه محاسبه شد. هم‌چنین، ورودی امرژی و خروجی امرژی برای دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره، به‌ترتیب با میانگین‌گیری از تمام ۱۰۰ و ۶۰ مزرعه پاییزه و بهاره محاسبه شد. در این تحقیق، مهم‌ترین شاخص‌های امرژی برای ارزیابی کارآیی و پایداری (جدول ۲)، در هر یک از مزارع پاییزه و بهاره محاسبه و سپس دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره به‌وسیله آزمون t با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد مقایسه قرار گرفتند.

جدول ۲- معادلات و خصوصیات شاخص‌های امرژی برای ارزیابی بوم‌نظام‌های زراعی سیب‌زمینی

Table 2- Specifications and formula of emergy-based indices for evaluation of potato farming ecosystems

شاخص Index	فرمول Formula	خصوصیات Specifications	منبع Reference
ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر Renewable environmental inputs	R	جریان‌های تجدیدپذیر از منابع محلی رایگان Renewable flows from free local resources	Asgharipour et al., 2019
ورودی‌های محیطی تجدیدناپذیر Non-renewable environmental inputs	N_0	جریان‌های بالقوه تجدیدپذیر از منابع محلی رایگان که به‌عنوان تجدیدناپذیر در نظر گرفته می‌شوند Local potentially renewable flows from free local resources that is being used in a nonrenewable	Asgharipour et al., 2019
ورودی‌های بازاری تجدیدپذیر Renewable purchased inputs	F_R	جریان‌های تجدیدپذیر از منابع بازاری Renewable flows from purchased resources	Asgharipour et al., 2019
ورودی‌های بازاری تجدیدناپذیر Non-renewable purchased inputs	F_N	جریان‌های تجدیدناپذیر از منابع بازاری Non-renewable flows from purchased resources	Asgharipour et al., 2019
ورودی امرژی کل Total emergy input	$U=R+N_0+F_R+F_N$	کل منابع امرژی مورد نیاز برای حمایت از نظام تولید Total emergy resources required to support the production system	Asgharipour et al., 2019
خروجی امرژی کل Total emergy output	$Y= R+N_0+F_R+F_N$	امرژی کل تولیدات نظام Total emergy of system products	Asgharipour et al., 2019
ضریب تبدیل Transformity	$Tr = \frac{U}{AE}$	مقدار امرژی برای تولید یک واحد خروجی بر حسب ژول است. AE انرژی قابل استفاده محصول است Amount of emergy required to produce an output unit in joules. AE is the accessible energy of the product	Brown & Ulgiati, 2004
تجدیدپذیری امرژی Emergy renewability	$\%R = \frac{R + FR}{U} \times 100$	درصد امرژی تجدیدپذیر استفاده شده توسط نظام Percentage of the renewable energy used by the system	Odum, 2000
نسبت عملکرد امرژی Emergy yield ratio	$EYR = \frac{Y}{FR + FN}$	مقیاس استفاده از منابع محیطی با سرمایه‌گذاری در منابع اقتصادی Ability of a process to use renewable and nonrenewable environmental resources with economic resources as a capital	Odum, 2000
نسبت سرمایه‌گذاری امرژی Emergy investment ratio	$EIR = \frac{FR + FN}{R + N0}$	مقیاس شدت سرمایه‌گذاری اقتصادی و کاربرد منابع محیطی Indicates the intensity of economic investment and its matching to the free renewable and nonrenewable resources of the environment	Asgharipour et al., 2019
نسبت بارگذاری محیطی Environmental loading ratio	$ELR = \frac{N0 + FR + FN}{R}$	فشار محیطی ایجاد شده توسط یک نظام Environmental pressure produced by a process	Lu et al., 2014
شاخص پایداری امرژی Emergy sustainability index	$ESI = \frac{EYR}{ELR}$	مقیاسی از پایداری نظام Measure of the sustainability of the system	Lu et al., 2014

نتایج و بحث

ســـاختار امرژی ورودی: مقادیر امرژی مهم‌ترین ورودی‌های بازاری و جریان‌های منابع محیطی و ســهم هر یک از آن‌ها از ورودی امرژی کل در تولید پاییزه و بهاره سـیب‌زمینی به‌ترتیب در جداول ۳ و ۴ نشان داده شده‌اند.

تمام ورودی ها در این جدول ها از طریق ضـــرب شـــدن در ضـریب‌های تبدیل خورشـیدی، به امرژی خورشـیدی تبدیل شـده‌اند. ورودی امرژی کل یا همان امرژی کل حمایت‌کننده بوم‌نظام‌های زراعی ســـیب‌زمینی برای مزارع پاییزه و بهاره به‌ترتیب $۱/۷۱\times۱۰^{۱۶}$ (جدول ۳) و $۱/۷۶\times۱۰^{۱۶}$ امژول خور شیدی در هکتار در سال (جدول ۴) بود که نشـــان می‌دهد امرژی کل حمایت‌کننده تولید در شـــرایط کشت بهاره ۳/۴۲ درصد بیشتر از کشت پاییزه بوده و دلیل اصلی آن مصرف بیشتر ورودی امرژی آب زیرزمینی در بوم‌نظام بهاره است. این مقدار برای بوم‌نظام تولید ســـیب‌زمینی در چین $۱/۵۲\times۱۰^{۱۶}$ امژول خورشیدی در هکتار بود (Zhai et al., 2017).

ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر (R): این ورودی‌ها شامل نور خورشـید، باران و باد بودند. سـهم این ورودی‌ها از ورودی امرژی کل در دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره ســـیب‌زمینی کم و تقریباً برابر بود (به‌ترتیب جداول ۳ و ۴) که نشـــان‌دهنده وابســـتگی پایین تولید سیب‌زمینی به منابع محیطی تجدیدپذیر در هر دو شرایط کشت پاییزه و بهاره است.

جدول ۳- منابع طبیعی و اقتصادی، تجدیدپذیری، ضریب تبدیل و امرژی خورشیدی سیب‌زمینی پاییزه

Table 3- Natural and economic flow, renewabilities, transformities and solar emergy for autumn potato

متغیر Item	واحد Unit	جریان یک‌ساله خام Raw annual flow	ضریب تجدیدپذیری Renewability factor	ضریب تبدیل خورشیدی Solar transformity (sej unit^{-1})	امرژی خورشیدی Solar emergy (sej ha^{-1} yr^{-1})	امرژی خورشیدی Solar emergy (%)	منابع ضریب تبدیل References for transformity
ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر Renewable environmental inputs							
نور خورشید Sunlight	J	1.36E+11	1	1	1.36E+11	0	Odum (1996)
باران Rainfall	J	2.47E+10	1	2.30E+04	5.68E+14	3.32	Odum (1996)
باد Wind	J	9.95E+10	1	1.86E+03	1.85E+14	0	Odum (1996)
جمع Subtotal					5.68E+14	3.32	
ورودی‌های محیطی تجدیدناپذیر Non-renewable environmental inputs							
شدت فرسایش خاک Soil erosion	J	5.76E+09	0	9.42E+04	5.43E+14	3.18	Ghaley et al. (2018)
آب زیرزمینی Ground water	J	2.13E+10	0	1.92E+05	4.09E+15	23.92	Cuadra & Rydberg (2006)
جمع Subtotal					4.63E+15	27.10	
ورودی‌های بازاری Purchased inputs							
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	g	2.03E+05	0	4.84E+09	9.83E+14	5.75	Ghisellini et al. (2014)
کود فسفر Phosphorus fertilizer	g	1.26E+05	0	4.97E+09	6.26E+14	3.66	Ghisellini et al. (2014)
کود پتاس Potash fertilizer	g	8.47E+04	0	1.40E+09	1.19E+14	0.80	Ghisellini et al. (2014)
کود گوگرد Sulphur fertilizer	g	4.11E+04	0	6.94E+07	2.85E+12	0.02	Martin et al. (2006)
کود دامی Manure fertilizer	g	1.30E+07	0.80	1.62E+08	2.11E+15	12.34	Ghaley et al. (2018)
علف‌کش Herbicide	g	1.02E+03	0	1.13E+10	1.15E+13	0.07	Bastianoni et al. (2001)
حشره‌کش Insecticide	g	2.12E+02	0	1.13E+10	2.40E+12	0.02	Bastianoni et al. (2001)
قارچ‌کش Fungicide	g	8.69E+02	0	1.13E+10	9.82E+12	0.06	Bastianoni et al. (2001)
ماشین‌آلات Machinery	g	1.29E+03	0	1.01E+10	1.30E+13	0.08	Campbell et al. (2005)
بذر Seed	g	4.31E+06	0.37	9.20E+08	3.97E+15	23.22	Zhai et al. (2017)
سوخت فسیلی و روغن Fossil fuel and lubricant	J	1.86E+10	0	8.48E+04	1.58E+15	9.24	Brandt-Wiliams (2002)
نیروی کارگری Human labour	J	7.30E+08	0.10	2.22E+06	1.62E+15	9.47	Lu et al. (2009)
الکتریسیته Electricity	J	2.29E+09	0.02	3.62E+05	8.29E+14	4.85	Odum (1996)
جمع Subtotal					1.19E+16	69.58	
جمع کل Total					1.71E+16	100.00	
عملکرد غده Tuber yield	J	1.14E+11		1.50E+05	1.71E+16		Calculated

جدول ٤- منابع طبیعی و اقتصادی، تجدیدپذیری، ضریب تبدیل و امرژی خورشیدی سیب‌زمینی بهاره

Table 4- Natural and economic flow, renewabilities, transformities and solar emergy for spring potato

متغیر Item	واحد Unit	جریان یک‌ساله خام Raw annual flow	ضریب تجدیدپذیری Renewability factor	ضریب تبدیل خورشیدی Solar transformity (sej unit^{-1})	امرژی خورشیدی Solar emergy (sej ha^{-1} yr^{-1})	امرژی خورشیدی Solar emergy (%)	منابع ضریب تبدیل References for transformity
ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر Renewable environmental inputs							
نور خورشید Sunlight	J	1.36E+11	1	1	1.36E+11	0.00	Odum (1996)
باران Rainfall	J	2.47E+10	1	2.30E+04	5.68E+14	3.23	Odum (1996)
باد Wind	J	9.95E+10	1	1.86E+03	1.85E+14	0.00	Odum (1996)
جمع Subtotal					5.68E+14	3.23	
ورودی‌های محیطی تجدیدناپذیر Non-renewable environmental inputs							
شدت فرسایش خاک Soil erosion	J	5.76E+09	0	9.42E+04	5.43E+14	3.09	Ghaley et al. (2018)
آب زیرزمینی Groundwater	J	4.15E+10	0	1.92E+05	7.97E+15	45.28	Cuadra & Rydberg (2006)
جمع Subtotal					8.51E+15	48.37	
ورودی‌های بازاری Purchased inputs							
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	g	2.29E+05	0	4.84E+09	1.11E+15	6.31	Ghisellini et al. (2014)
کود فسفر Phosphorus fertilizer	g	1.10E+05	0	4.97E+09	5.47E+14	3.11	Ghisellini et al. (2014)
کود پتاس Potash fertilizer	g	7.41E+04	0	1.40E+09	1.04E+14	0.59	Ghisellini et al. (2014)
کود گوگرد Sulphur fertilizer	g	2.57E+04	0	6.94E+07	1.78E+12	0.01	Martin et al. (2006)
کود دامی Manure fertilizer	g	2.27E+06	0.80	1.62E+08	3.68E+14	2.09	Ghaley et al. (2018)
علف‌کش Herbicide	g	3.70E+02	0	1.13E+10	4.18E+12	0.03	Bastianoni et al. (2001)
حشره‌کش Insecticide	g	0.00	0	1.13E+10	0.00	0.00	Bastianoni et al. (2001)
قارچ‌کش Fungicide	g	0.00	0	1.13E+10	0.00	0.00	Bastianoni et al. (2001)
ماشین‌آلات Machinery	g	8.29E+02	0	1.01E+10	8.37E+12	0.05	Campbell et al. (2005)
بذر Seed	g	3.50E+06	0.37	9.20E+08	3.22E+15	18.15	Zhai et al. (2017)
سوخت فسیلی و روغن Fossil fuel and lubricant	J	1.39E+10	0	8.48E+04	1.18E+15	6.70	Brandt-Wiliams (2002)
نیروی کارگری Human labour	J	9.01E+08	0.10	2.22E+06	2.00E+15	11.36	Lu et al. (2009)
الکتریسیته Electricity	J	0.00	0.02	3.62E+05	0.00	0.00	Odum (1996)
جمع Subtotal					8.54E+15	48.40	
جمع کل Total					1.76E+16	100.00	
عملکرد غده Tuber yield	J	6.94E+10		2.54E+05	1.76E+16		Calculated

در تحقیقی مشابه، میزان ورودی امرژی تجدیدپذیر محیطی برای نظام‌های زراعی سیب‌زمینی در فلوریدای آمریکا $1/49\times10^{15}$ امژول خورشیدی در هکتار به‌دست آمد (Brandt-Wiliams, 2002). باران بیشترین مقدار امرژی را بین ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر در هر دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره داشت. به‌دلیل این‌که تمام منابع محیطی تجدیدپذیر در ژئوبیوسفر از یک منبع یکسان سرچشمه گرفته‌اند، برای اجتناب از دوباره‌کاری، بزرگ‌ترین ورودی امرژی محیطی تجدیدپذیر به‌عنوان ورودی محیطی تجدید پذیر کل در نظر گرفته می‌شود (Odum, 2000) که در این‌جا باران بود. دلیل اصلی بیشتر بودن امرژی باران نسبت به نور خورشید و باد، زیاد بودن بارندگی و روزهای ابری در این شهرستان است.

ورودی‌های محیطی تجدید ناپذیر (N_0): این ورودی‌ها شامل فرسایش خاک و مصرف آب زیرزمینی بودند. سهم بالای این ورودی‌ها در بوم‌نظام بهاره نشان‌دهنده این موضوع است که هزینه‌های محیطی تولید سیب‌زمینی بهاره در شهرستان گرگان بحرانی است. سهم فرسایش خاک از ورودی امرژی کل در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی تقریباً برابر بود که دلیل اصلی آن بارندگی زیاد در این شهرستان است. این سهم در پژوهشی با شرایط مشابه این تحقیق، برای تولید متداول ذرت علوفه‌ای در دانمارک ۳/۳ درصد محاسبه شد (Ghaley et al., 2018). بین تمام ۱۸ ورودی امرژی محاسبه شده در این تحقیق، سهم آب زیرزمینی از ورودی امرژی کل در هر دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره بیشترین بود که به‌دلیل نیاز آبی بالای این محصول و روش آبیاری سنتی در اغلب مزارع بود. با این وجود، بیشترین تفاوت بین دو بوم‌نظام از نظر مقدار امرژی ورودی، مربوط به آب زیرزمینی بود، به‌طوری‌که سهم آن در بوم‌نظام بهاره، حدود دو برابر بیشتر از بوم‌نظام پاییزه بود که به‌دلیل مصرف آب بیشتر در شرایط کشت بهاره به‌دلیل برخورد دوره رشد با فصل تابستان و بارندگی ناچیز در این فصل و هم‌چنین سنتی بودن آبیاری در تمام مزارع مورد مطالعه در شرایط کشت بهاره بود.

ورودی‌های بازاری تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر (F_R, F_N): اختلاف بین دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره در مصرف ورودی‌های بازاری زیاد بود. بیشتر بودن ورودی‌های بازاری در بوم‌نظام پاییزه نشان‌دهنده بیشتر بودن هزینه اقتصادی تولید در آن، نسبت به بوم‌نظام بهاره است. سهم زیاد ورودی‌های بازاری که اغلب خارجی نیز هستند در بوم‌نظام زراعی پاییزه نشان‌دهنده این موضوع هست که این بوم‌نظام، نظام به‌شدت بازی است که به‌طور شدید تحت تأثیر ورودی‌های خریداری شده از بازار قرار دارد. میزان ورودی امرژی بازاری برای نظام زراعی سیب‌زمینی در فلوریدای آمریکا $1/03\times10^{16}$ امژول خورشیدی در هکتار محاسبه شد (Brandt-Wiliams, 2002). سهم ورودی‌های خریداری شده تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر از ورودی بازاری کل، به‌ترتیب در بوم‌نظام پاییزه ۲۸/۰۷ و ۷۱/۹۳ درصد و در بوم‌نظام بهاره ۱۹/۷۲ و ۸۰/۲۸ درصد بود که نشان می‌دهد منابع تجدیدناپذیر سهم بیشتری نسبت به منابع تجدیدپذیر در حمایت از ورودی‌های بازاری در هر دو بوم‌نظام داشتند. بنابراین، مدیریت ورودی‌های بازاری و استفاده بهینه از آن‌ها برای کنترل سهم منابع تجدیدناپذیر در تولید محصول و به حداقل رساندن مصرف این منابع ضروری است. با این حال، سهم منابع تجدیدپذیر در حمایت از ورودی‌های بازاری در بوم‌نظام پاییزه از بهاره بیشتر بود. دلیل اصلی بالاتر بودن تجدیدپذیری ورودی‌های بازاری در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره، سهم بسیار بیشتر ورودی کود دامی (ورودی با ۸۰ درصد تجدیدپذیری) در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره است (به‌ترتیب جداول ۳ و ۴).

بذر، بیشترین سهم را بین تمام ورودی‌های بازاری در هر دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره داشت که دلیل آن ارزش امرژی واحد بالا برای این ورودی بود. با این وجود، میزان امرژی خورشیدی بذر سیب‌زمینی در بوم‌نظام پاییزه، بیشتر از مقدار آن در بوم‌نظام بهاره بود که بر اساس اطلاعات پرسش‌نامه، دلیل آن استفاده از مقدار بذر بیشتر و بزرگ‌تر از مقدار توصیه شده برای کاشت در شرایط کشت پاییزه بود. این مقدار برای بوم‌نظام تولید سیب‌زمینی در چین $0/02\times10^{14}$ امژول خورشیدی در هکتار به‌دست آمد (Zhai et al., 2017). سهم سوخت‌های فسیلی نیز از ورودی امرژی کل در دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره زیاد بود. دلیل اصلی زیاد بودن این سهم، دفعات زیاد خاک‌ورزی در اغلب مزارع بود. مهم‌ترین دلیل بیشتر بودن این سهم در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره، استفاده از موتورهای چاه برای آبیاری مزارع بود؛ درحالی‌که در بوم‌نظام بهاره به‌دلیل کوچک بودن مساحت مزارع و نزدیکی به چشمه‌ها، آبیاری از آب چشمه‌ها و بدون کاربرد موتورهای آبیاری بود. نسبت ماشین‌آلات و نیروی کارگری از ورودی امرژی کل در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره، متفاوت بود. بالاتر بودن میزان امرژی

ماشین‌آلات در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره و به‌طور عکس، بالاتر بودن میزان امرژی نیروی کارگری در بوم‌نظام بهاره نسبت به پاییزه به‌دلیل عدم استفاده از ماشین‌آلات برای کاشت و برداشت محصول و وجین دستی علف‌های هرز در اغلب مزارع بهاره بود. هم‌چنین اگرچه ماشین‌آلات در تمام عملیات‌های کشاورزی در اغلب مزارع پاییزه استفاده شدند، نیروی کارگری نیز برای انجام عملیات کشاورزی ضروری است. دلیل اصلی زیاد بودن سهم نیروی کارگری در هر دو بوم‌نظام، وابستگی زیاد عملیات جمع‌آوری محصول سیب‌زمینی به نیروی انسانی است.

سهم الکتریسیته از ورودی امرژی کل در بوم‌نظام پاییزه ۴/۸۵ درصد و در بوم‌نظام بهاره صفر بود که به‌دلیل عدم استفاده از موتور و پمپ برای آبیاری و سنتی بودن آبیاری در تمام مزارع بهاره بود. در بوم‌نظام‌های رایج مکانیزه، الکتریسیته‌ای که برای پمپ کردن آب مورد نیاز در این نظام‌ها مصرف می‌شود، بخش بزرگی از انرژی‌های مصرفی ورودی را به خود اختصاص می‌دهد. دلیل این امر را می‌توان کاهش سطح سفره‌های آب زیرزمینی و در نتیجه، پمپ کردن آب از اعماق بیشتر دانست (Jafari, 2019). سهم ورودی‌های شیمیایی، شامل کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها از ورودی امرژی کل در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره تقریباً برابر و به‌ترتیب ۱۰/۳۸ و ۱۰/۰۵ درصد بود. اگرچه سهم کودهای شیمیایی فسفر، پتاس و گوگرد در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره، خیلی متفاوت نبود، امّا سهم کود نیتروژن در بوم‌نظام بهاره از پاییزه بیشتر بود که دلیل آن از یک طرف مصرف کود دامی بیشتر در بوم‌نظام پاییزه و از طرف دیگر، مصرف کود نیتروژن بالاتر در بوم‌نظام بهاره به‌دلیل آبیاری بیشتر و در نتیجه شستشوی بیشتر خاک در آن است.

ارزیابی و مقایسه شاخص‌های امرژی: شاخص‌های امرژی برای تعیین میزان کارآیی، تجدیدپذیری، فشار محیطی و پایداری نظام‌های تولید به‌کار می‌رود (Brown & Ulgiati, 2004). ارزیابی و مقایسه این شاخص‌ها بین بوم‌نظام‌ها (جدول ۵) به شناسایی و کمّی سازی اثرات محیطی، اقتصادی و پایداری آن‌ها کمک کرده و نتایج آن در سطح محلی برای کشاورزان و تصمیم‌گیرندگان برای اتخاذ بهترین روش مدیریتی به‌منظور رسیدن به مصرف کارآمد منابع و پایداری در کشاورزی مفید است (Jafari et al., 2018).

عملکرد و ضریب تبدیل (Tr): عملکرد غده در بوم‌نظام زراعی بهاره سیب‌زمینی $۱/۹۳\times۱۰^{۴}$، ولی در بوم‌نظام پاییزه خیلی بیشتر از آن و $۳/۱۶\times۱۰^{۴}$ کیلوگرم در هکتار بود که نشان‌دهنده سودمندی و کارآیی بیشتر نظام تولید پاییزه در برگرداندن ورودی‌ها به بازگشت‌های اقتصادی است. هم‌چنین امرژی اختصاص‌یافته به عملکرد غده در نظام‌های تولید سیب‌زمینی در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره به‌ترتیب $۱/۷۱\times۱۰^{۱۶}$ و $۱/۷۶\times۱۰^{۱۶}$ امژول خورشیدی در هکتار در سال بود.

جدول ۵- مقادیر شاخص‌های امرژی و سطوح معنی‌داری آن‌ها در مقایسه‌هاس بین بوم‌نظام‌های زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی
Table 5- The values of emergy indices and their significant level in comparisons between autumn and spring potato production systems

شاخص Index	واحد Unit	بوم‌نظام پاییزه Cool season ecosystem	بوم‌نظام بهاره Warm season ecosystem	Probability > |t|
ضریب تبدیل Transformity	$sej.j^{-1}$	1.50E+05	2.54E+05	**
تجدیدپذیری امرژی Renewability	%	22.85	12.78	**
نسبت عملکرد امرژی Emergy yield ratio	-	1.44	2.06	**
نسبت سرمایه‌گذاری امرژی Emergy investment rario	-	2.29	0.94	**
نسبت بارگذاری محیطی Environmental loading ratio	-	29.10	30.02	*
شاخص پایداری امرژی Emergy sustainability index	-	0.05	0.07	**

*و**: به‌ترتیب، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد
*and**: Significant at 5 and 1% probability level, respectively

ضریب تبدیل، به‌عنوان معیاری از کارآیی یک فرآیند تولید می‌باشد. پایین‌تر بودن این شاخص به‌معنی عملکرد و کارآیی بیشتر

فرآیند تولید در رقابت محیطی و اقتصادی در بلندمدت است (Odum, 2000). مقدار این شاخص در بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب $۱/۵۰\times۱۰^{۵}$ و $۲/۵۴\times۱۰^{۵}$ امژول خورشیدی بر ژول بود. نتایج آزمون t در خصوص شاخص ضریب تبدیل نشان داد که بین دو بوم‌نظام پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). ضریب تبدیل بزرگ‌تر در بوم‌نظام بهاره به‌دلیل مصرف بالاتر ورودی امرژی به‌ویژه آب زیرزمینی و در عین حال تولید پایین این بوم‌نظام است که نشان‌دهنده کارآیی کمتر آن در مقایسه با بوم‌نظام پاییزه می‌باشد. اگرچه مصرف امرژی در بوم‌نظام پاییزه کمتر از بوم‌نظام بهاره بود، تولید آن بسیار بیشتر بود. بنابراین کارآیی بوم‌نظام پاییزه در تبدیل امرژی ورودی به عملکرد از بوم‌نظام بهاره بیشتر است. به این معنی که در بوم‌نظام پاییزه به‌ازای هر واحد از محصول تولیدی، امرژی کمتری اختصاص یافته است. این شاخص برای نظام زراعی سیب‌زمینی در فلوریدای آمریکا $۲/۰۹\times۱۰^{۵}$ (Brandt-Wiliams, 2002)، بوم‌نظام تولید سیب‌زمینی در چین $۰/۸۴\times۱۰^{۵}$ (Zhai et al., 2017) و بوم‌نظام‌های زراعی گندم و ذرت در جهرم به‌ترتیب $۴/۰۵\times۱۰^{۵}$ و $۴/۲۳\times۱۰^{۸}$ امژول خورشیدی بر ژول (Houshyar et al, 2018) بود.

تجدیدپذیری امرژی (R%): این شاخص نشان‌دهنده میزان استفاده از منابع تجدیدپذیر برای فعالیت تولید و وابستگی به منابع تجدیدپذیر برای حمایت از یک نظام تولید می‌باشد (Odum, 2000). نسبت تجدیدپذیری امرژی در این تحقیق برای بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب ۲۲/۸۵ و ۱۲/۷۸ درصد بود. به عبارت دیگر ۷۷/۱۵ درصد از ورودی امرژی کل در بوم‌نظام پاییزه و ۸۷/۲۲ درصد از ورودی امرژی کل در بوم‌نظام بهاره از منابع تجدیدناپذیر کسب شده است که عمدتاً مربوط به آب زیرزمینی می‌باشد. تجدیدپذیری بیشتر در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره به‌دلیل سهم بیشتر منابع تجدیدپذیر از ورودی‌های بازاری در بوم‌نظام پاییزه و وابستگی بیشتر به منابع تجدیدناپذیر (به‌ویژه آب زیرزمینی) در بوم‌نظام بهاره است. در نتیجه پایداری بوم‌نظام پاییزه در بلندمدت از بوم‌نظام بهاره بیشتر است (جدول ۵). در مجموع، نظام‌های تولید با سهم بالاتری از ورودی‌های امرژی تجدیدپذیر نسبت به نظام‌های با مصرف زیاد ورودی‌های امرژی تجدیدناپذیر احتمالاً در رقابت‌های اقتصادی موفق‌تر و پایدارتر هستند (Asgharipour et al., 2019). زمانی که در یک نظام، مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بر خلاف افزایش مصرف منابع تجدیدپذیر، کاهش یابد، آن نظام در رقابت اقتصادی در بلندمدت موفق‌تر است، زیرا منابع تجدیدناپذیر با گذشت زمان کمیاب‌تر می‌شوند (Brown & Ulgiati, 2004). نتایج آزمون t در خصوص شاخص تجدیدپذیری امرژی نشان داد که بین دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵)، این شاخص برای بوم‌نظام تولید متداول ذرت علوفه‌ای در دانمارک ۱۶ درصد گزارش شده است (Ghaley et al., 2018).

نسبت عملکرد امرژی (EYR): این شاخص برای بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب ۱/۴۴ و ۲/۰۶ بود که نشان‌دهنده وابستگی زیاد تولید به ورودی‌های بازاری در بوم‌نظام پاییزه بود. در حقیقت، چنین نظام‌هایی بدون مصرف ورودی‌های محیطی می‌توانند به‌راحتی ورودی‌های خارجی را به محصول یا خدمت تبدیل کنند. این نظام‌های کشاورزی اساساً به‌جای یک فرآیند کشاورزی رایج به‌عنوان یک نظام صنعتی عمل می‌کنند. بر خلاف نظام‌های صنعتی، نظام‌های کشاورزی سنتی به‌راحتی قادر به استخراج منابع محیطی رایگان، امّا اغلب با کارآیی تولید پایین هستند (Asgharipour et al., 2019). مقدار بیشتر این شاخص، نشان‌دهنده بازگشت بیشتر امرژی به‌ازای هر واحد از ورودی‌های خریداری شده و مصرف کارآمدتر ورودی‌ها و در نتیجه کارآیی بیشتر نظام در مصرف امرژی به‌ازای هر واحد از ورودی‌های خریداری شده است (Ghaley et al., 2018).

کمترین مقدار برای این شاخص یک است که نشان‌دهنده سهم ناچیز منابع محیطی در نظام تولید و وابستگی کامل به منابع بازاری است (Asgharipour et al., 2019). نسبت عملکرد امرژی با تقسیم خروجی امرژی کل (رایگان و بازاری) بر امرژی ورودی بازاری محاسبه می‌شود. بنابراین، امرژی بالاتر از ورودی‌های رایگان موجب افزایش این شاخص می‌شود (Odum, 2000). این رابطه متقابل به‌ویژه در بوم‌نظام تولید سیب‌زمینی بهاره قابل مشاهده است؛ جایی‌که مقادیر بیشتر امرژی آب زیرزمینی (به‌عنوان یک ورودی رایگان قابل دسترس) موجب افزایش نسبت عملکرد امرژی در این بوم‌نظام شده است. مقدار بیشتر این شاخص در بوم‌نظام زراعی بهاره منعکس‌کننده استفاده بیشتر از منابع محیطی نسبت به منابع اقتصادی است. مقدار بیشتر این شاخص به‌معنی وابستگی بیشتر نظام به منابع محیطی در مقایسه با منابع بازاری است (Asgharipour et al., 2019). به عبارت دیگر، در بوم‌نظام بهاره وابستگی به منابع اقتصادی نسبت به

منابع محیطی رایگان، پایین‌تر است و با وجود استفاده کمتر از منابع اقتصادی، کارآیی استفاده از این منابع بیشتر است. نتایج آزمون t در خصوص شاخص نسبت عملکرد امرژی نشان داد که بین دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). این شاخص برای بوم‌نظام زراعی سیب‌زمینی در فلوریدای آمریکا ۱/۲۴ (Brandt-Wiliams, 2002)، بوم‌نظام تولید سیب‌زمینی در چین ۱/۰۴ (Zhai et al., 2017) و بوم‌نظام تولید متداول ذرت علوفه‌ای در دانمارک ۱/۲۴ (Ghaley et al., 2018) گزارش شده است.

نسبت سرمایه‌گذاری امرژی (EIR): این شاخص برای بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب ۲/۲۹ و ۰/۹۴ بود (جدول ۵). نسبت سرمایه‌گذاری امرژی بیان‌کننده شدت سرمایه‌گذاری و توسعه اقتصادی و میزان دسترسی به منابع رایگان فراهم شده از محیط محلی و میزان وابستگی نظام کشاورزی به محیط است (Odum, 2000). بنابراین، بیشتر بودن این شاخص در بوم‌نظام پاییزه به‌دلیل سرمایه‌گذاری اقتصادی بیشتر ورودی‌های اقتصادی در آن و نشان‌دهنده سطح بالای توسعه اقتصادی بوم‌نظام پاییزه می‌باشد. مصرف بیشتر ورودی‌های بازاری از جمله بذر، کود دامی و سوخت فسیلی در بوم‌نظام پاییزه و مصرف بیشتر آب زیرزمینی به‌عنوان یک ورودی محیطی در بوم‌نظام بهاره موجب بیشتر شدن این شاخص در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره شد. مقدار کمتر نسبت سرمایه‌گذاری امرژی نشان‌دهنده وابستگی بیشتر نظام به منابع محیطی و هزینه‌های اقتصادی کمتر و بیان‌کننده وابستگی بیشتر خروجی نظام به منابع محیطی می‌باشد (Odum, 2000). بنابراین کارآیی اقتصادی بوم‌نظام بهاره از پاییزه بیشتر است. نتایج آزمون t در خصوص شاخص نسبت سرمایه‌گذاری امرژی نشان داد که بین دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). این شاخص برای بوم‌نظام‌های تولید یولاف و گندم در چین به‌ترتیب ۲/۹۴ و ۱/۳۰ بود (Zhai et al., 2017).

نسبت بارگذاری محیطی (ELR): این شاخص برای بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب ۲۹/۱۰ و ۳۰/۰۲ محاسبه شد (جدول ۵). نسبت بارگذاری محیطی نشان‌دهنده فشار وارد شده بر محیط توسط ورودی‌های بازاری و تجدیدناپذیر محیطی است و مقادیر بیشتر این شاخص به‌معنی فشار محیطی شدیدتر بر بوم‌نظام‌های محلی به‌سبب کاربرد این منابع است (Lu et al., 2014). بنابراین، مقدار کمتر این شاخص در بوم‌نظام پاییزه، نشان‌دهنده فشار محیطی کمتر در این بوم‌نظام بوده و بوم‌نظام پاییزه سیب‌زمینی بیشتر از بوم‌نظام بهاره در شهرستان گرگان، دوست‌دار محیط بوده و از لحاظ محیطی پایدارتر است. اگر چه وابستگی به منابع محیطی در بوم‌نظام بهاره از پاییزه بیشتر بود، امّا مصرف امرژی بیشتر در واحد سطح و وابستگی بیشتر این بوم‌نظام به نهاده‌های محیطی تجدیدناپذیر به‌ویژه آب زیرزمینی، موجب افزایش فشار محیطی و در نتیجه نسبت بارگذاری محیطی بیشتر در این بوم‌نظام در مقایسه با بوم‌نظام پاییزه شد. سنتی بودن روش‌های آبیاری در مزارع سیب‌زمینی بهاره نیز موجب مصرف و هدررفت بالای این ورودی تجدیدناپذیر گردید. با توجه به نیاز آبی بالای سیب‌زمینی از یک سو و کمبود آب در بخش کشاورزی در شهرستان گرگان از سویی دیگر، این در صد بالا از مصرف آب بسیار ناپایدار است. استفاده از روش‌های نوین آبیاری نه تنها موجب کاهش و مصرف بهینه آب زیرزمینی به‌عنوان یک منبع حیاتی تجدیدناپذیر محیطی (N_0) می‌شود، بلکه موجب کاهش فشار محیطی و افزایش پایداری محیطی بوم‌نظام‌های بهاره خواهد شد. کاربرد سامانه‌های نوین آبیاری، علاوه‌بر کاهش مصرف آب زیرزمینی (به‌عنوان یک ورودی محیطی تجدیدناپذیر)، موجب کاهش ساعات کار نیروی کارگری (به‌عنوان ورودی اقتصادی) و در نتیجه کاهش امرژی ورودی شده و کارآیی و شاخص‌های پایداری را افزایش می‌دهد (Houshyar et al., 2018). نتایج آزمون t در خصوص شاخص نسبت بارگذاری محیطی نشان داد که بین دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). این شاخص برای بوم‌نظام تولید سیب‌زمینی در چین ۳۱ گزارش شده است (Zhai et al., 2017).

شاخص پایداری امرژی (ESI): این شاخص برای بوم‌نظام‌های پاییزه و بهاره سیب‌زمینی به‌ترتیب ۰/۰۵ و ۰/۰۷ بود. ESI، یک شاخص مرکب است و مزایای به‌دست آمده در یک نظام در یک واحد سطح از ناحیه را اندازه‌گیری می‌کند. به عبارت دیگر، این شاخص، مزایای نظام در رابطه با هزینه‌های آن را ارزیابی می‌کند. بنابراین شاخص پایداری امرژی به بررسی جنبه اقتصادی پایداری نیز می‌پردازد. کمترین و بیشترین مقدار برای این شاخص به‌ترتیب صفر و بی‌نهایت است و مقدار بالاتر این شاخص نشان‌دهنده پایداری بیشتر نظام بوده و مطلوب‌تر است (Asgharipour et al., 2019). مقدار بیشتر این شاخص در بوم‌نظام بهاره در مقایسه با پاییزه نشان می‌دهد

که مزایای نظام نسبت به هزینه آن و در نتیجه پایداری اقتصادی در بوم‌نظام بهاره از پاییزه بیشتر است. مهم‌ترین دلیل کمتر بودن این شاخص در بوم‌نظام پاییزه نسبت به بهاره، مصرف بسیار بیشتر ورودی‌های اقتصادی در بوم‌نظام پاییزه می‌باشد. اگرچه مصرف کارآمد انرژی، یکی از ضروریات اصلی برای کشاورزی پایدار است (Jafari, 2019)، امّا اطلاعات پرسش‌نامه نشان‌دهنده استفاده غیرمعقول برخی ورودی‌های بازاری توسط کشاورزان در مزارع پاییزه بود که موجب کاهش شاخص پایداری امرژی در این بوم‌نظام گردید. دفعات زیاد خاک‌ورزی و فرسوده بودن ماشین‌آلات کشاورزی و موتورهای گازوئیلی چاه در اغلب مزارع پاییزه موجب افزایش و ناکارآمدی مصرف سوخت‌های فسیلی شد. هم‌چنین مصرف زیاد بذر (بالاتر از مقدار و اندازه توصیه شده برای کاشت) نیز در افزایش این شاخص در بوم‌نظام پاییزه مؤثر بود.

کاهش دفعات و شدت عملیات خاک‌ورزی (استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی) و نوسازی ماشین‌آلات کشاورزی و موتورهای فرسوده چاه، در کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و در نتیجه افزایش شاخص پایداری امرژی در بوم‌نظام پاییزه مؤثر است. استفاده از بذرهای مناسب (اندازه و مقدار توصیه شده) برای کاشت نیز، راهکار دیگری برای کاهش مصرف ورودی‌های بازاری و در نتیجه افزایش پایداری اقتصادی در بوم‌نظام پاییزه است. افزایش ورودی‌های محیطی تجدیدپذیر و کاهش ورودی‌های تجدیدناپذیر و بازاری، شاخص پایداری امرژی را بهبود می‌دهد (Asgharipour et al., 2019). تحلیل امرژی نظام کشت انگور یاقوتی در سیستان نشان داد که بهینه‌سازی مصرف ورودی‌های اقتصادی موجب افزایش پایداری اقتصادی در این نظام تولید خواهد شد (Kohkan et al., 2017). نتایج آزمون t در خصوص شاخص پایداری امرژی نشان داد که بین دو بوم‌نظام زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۵). این شاخص برای بوم‌نظام تولید سیب‌زمینی در چین ۰/۰۳ (Zhai et al., 2017)، بوم‌نظام زراعی سیب‌زمینی در فلوریدای آمریکا ۰/۱۶ (Brandt-Wiliams, 2002) و بوم‌نظام تولید متداول ذرت علوفه‌ای در دانمارک ۰/۲۴ (Ghaley et al., 2018) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

نتایج ارزیابی امرژی برای دو بوم‌نظام‌زراعی پاییزه و بهاره سیب‌زمینی در شهرستان گرگان نشان داد که این دو بوم‌نظام از لحاظ کارآیی، تجدیدپذیری، فشار محیطی و پایداری اقتصادی اختلاف معنی‌داری دارند. ارزیابی شاخص ضریب تبدیل نشان داد، بوم‌نظام پاییزه، به‌دلیل ورود امرژی کمتر و در عین‌حال، عملکرد بسیار بیشتر، از سودمندی و کارآیی تولید بیشتری نسبت به بوم‌نظام بهاره برخوردار است. ارزیابی شاخص‌های اقتصادی نسبت عملکرد امرژی و نسبت سرمایه‌گذاری امرژی نشان داد، سطح توسعه اقتصادی در بوم‌نظام پاییزه از بهاره بیشتر است. با این وجود، کارآیی استفاده از منابع اقتصادی در بوم‌نظام بهاره بیشتر است. ارزیابی شاخص تجدیدپذیری امرژی نشان داد که وابستگی بوم‌نظام پاییزه به منابع تجدیدپذیر، بیشتر از بوم‌نظام بهاره بوده و بنابراین، پایداری بوم‌نظام پاییزه در بلندمدت بیشتر است. ارزیابی شاخص نسبت بارگذاری محیطی نشان داد، اگرچه وابستگی محیطی در بوم‌نظام بهاره از پاییزه بیشتر بود، سهم زیاد ورودی آب زیرزمینی (به‌عنوان یک ورودی محیطی تجدیدناپذیر)، موجب افزایش فشار محیطی و کاهش پایداری محیطی در بوم‌نظام بهاره، نسبت به بوم‌نظام پاییزه شد. استفاده از روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری تحت فشار، موجب کاهش مصرف آب زیرزمینی و در نتیجه، کاهش فشار محیطی در بوم‌نظام بهاره خواهد شد.

ارزیابی شاخص پایداری امرژی نشان داد، پایداری اقتصادی بوم‌نظام پاییزه، کمی از بوم‌نظام بهاره کمتر است که دلیل آن وابستگی بیشتر بوم‌نظام پاییزه به ورودی‌های اقتصادی به‌ویژه بذر و سوخت فسیلی، به‌دلیل استفاده نامعقول از آن‌ها است. بهینه‌سازی مصرف این ورودی‌ها از طریق کاربرد بذرهای مناسب (اندازه و مقدار توصیه شده)، استفاده از روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی و نوسازی ماشین‌آلات کشاورزی و موتورهای گازوئیلی چاه، موجب کاهش مصرف این نهاده‌ها و در نتیجه، ورودی امرژی اقتصادی کمتر به بوم‌نظام و افزایش پایداری اقتصادی خواهد شد. بنابراین، آموزش، تشویق و حمایت مالی کشاورزان (پرداخت وام) برای نوسازی ماشین‌آلات کشاورزی، موتورهای فرسوده چاه و خرید تجهیزات نوین آبیاری، در افزایش پایداری محیطی و اقتصادی مؤثر است. به‌عنوان نتیجه نهایی، بوم‌نظام پاییزه از لحاظ عملکرد، سودمندی و کارآیی تولید، تجدیدپذیری و پایداری محیطی از بوم‌نظام بهاره مطلوب‌تر است و فقط کمی از لحاظ پایداری اقتصادی، پایین‌تر است که با بهبود مدیریت مصرف ورودی‌های اقتصادی، می‌توان این شاخص را نیز

افزایش داد.

سپاسگزاری

بدین وســـیله از حمایت مالی در چاپ مقاله که از محل اعتبارات معاونت پژوهشی دانشگاه زابل به شماره ۱۰/۹۶/۲۳۷۱/پ تامین شده، سپاسگزاری می گردد.

References

Asgharipour, M.R., Shahgholi, H., Campbell, D.E., Khamari, I., and Ghadiri, A., 2019. Comparison of the sustainability of bean production systems based on emergy and economic analyses. Environmental Monitoring and Assessment 191(2): 1-21.

Bastianoni, S., Marchettini, N., Panzieri, M., and Tiezzi, E., 2001. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). Journal of Cleaner Production 9: 365-373.

Brandt-Williams, S.L., 2002. Handbook of Emergy Evaluation: Folio #4 Emergy of Florida Agriculture. Center for Environmental Policy, Univercity of Florida, Gainesville, FL, USA.

Brown, M.T., Campbell, D.E., De Vilbiss, C., and Ulgiati, S., 2016. The geobiosphere emergy baseline: a synthesis. Ecological Modelling 339: 92-95.

Brown, M.T., and Ulgiati, S., 2004. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. Ecological Modelling 178: 201-213.

Campbell, D.E., 1998. Emergy analysis of human carrying capacity and regional sustainability: an example using the state of Maine. Environmental Monitoring and Assessment 51: 531-569.

Campbell, D.E., Brandt-Williams, S.L., and Meisch, M.E.A., 2005. Environmental accounting using Emergy: Evaluation of the state of West Virginia. EPA/600/R-02/011. USEPA, Office of Research and Development, Washigton, DC, p. 116.

Cochran, J., 2003. Patterns of sustainable agriculture adoption/non-adoption in Panama. A Thesis submitted to Ms.C., Gill University. McGill University, Montreal, Canad: p. 1-114.

Cuadra, M., and Rydberg, T., 2006. Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. Ecological Modelling 196: 421-433.

Foley, J.A., Ramankutty, N., Brauman, K.A., Cassidy, E.S., Gerber, J.S., Johnston, M., Muller, N.D., O·Connel, C., Ray, D.K., West, P.C., Balzer, C., Bennett, E.M., Carpenter, S.R., Hill, J., Monfreda, C., Polasky, S., Rockstrom, J., Sheehan, J., Siebert, S., Tilman, D., and Zaks, D.P.M., 2011. Solutions for a cultivated planet. Nature 478: 337-342.

Ghaley, B.B., Kehli, N., and Mentler, A., 2018. Emergy synthesis of conventional fodder maize (*Zea mays* L.) production in Denmark. Ecological Indicators 87: 144-151.

Ghisellini, P., Zucaro, A., Viglia, S., and Ulgiati, S., 2014. Monitoring and evaluating the sustainability of Italian agricultural system. An emergy decomposition analysis. Ecological Modelling 271: 132-148.

Houshyar, E., Wu, X.F., and Chen, G.Q., 2018. Sustainability of wheat and maize production in the warm climate of southwestern Iran: an emergy analysis. Journal of Cleaner Production 172: 2246-2255.

Jafari, M., 2019. Analysis of pistachio and date agroecosystems of Nehbandan using integrated evaluation of energy, economy, emergy and water footprint. Ph.D. Dissertation, Faculty of Agriculture, Univercity of Zabol, Iran. (In Persian with English Summary)

Jafari, M., Asgharipour, M.R., Ramroudi, M., Galavi, M., and Hadarbadi, G., 2018. Sustainability assessment of date and pistachio agricultural systems using energy, emergy and economic approaches. Journal of Cleaner Production 193: 642-651.

Kazemi, H., Shokrgozar, M., Kamkar, B., and Soltani, A., 2018. Analysis of cotton production by energy indicators in two different climatic regions. Journal of Cleaner Production 190: 729-736.

Kohkan, S.A., Ghanbari, A., Asgharipour, M.R., and Fakheri, B.A., 2017. Emergy evaluation of Yaghuti grape of Sistan. Journal Arid Biome 7(2): 73-84. (In Persian with English Sumarry)

Kumaraswamy, S., 2012. Sustainability issues in agro-ecology: Socio-ecological perspective. Agricultural Sciences 3(2): 153-169.

Lu, H., Yuan, Y., Campbell, D.E., Qin, P., and Cui, L., 2014. Integated water quality, emergy and economic evaluation of three bioremediation treatment systems for eutrophic water. Ecological Engineering 69: 244-254.

Lu, H.F., Kang, W.L., Campbell, D.E., Ren, H., Tand, Y.W., Fengd, R.X., Luo, J.T., and Chen, F.P., 2009. Emergy and economic evaluations of four fruit production systems on reclaimed wetlands surrounding the Pearl River Estuary, China. Ecological Engineering 35: 1743-1757.

Martin, J.F., Diemont, S.A.W., Powell, E., Stanton, M., and Levy-Tacher, S., 2006. Emergy evaluation of the performance and sustainability of three agricultural systems with different scales and management. Agriculture, Ecosystems and Environment 115: 128-140.

Odum, H.T., 1996. Environmental accounting: Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley and Sons, New York. USA.

Odum, H.T., 2000. Handbook of Emergy Evaluation. A Compendium of Data for Emergy Computation Folio #2 Emergy global processes. Center of Environmental Policy, University of Florida, Gainesville, pp. 39.

Zangeneh, M., Omid, M., and Akram, A. 2010. A comparative study on energy use and cost analysis of potato production under different farming technologies in Hamadan province of Iran. Energy 35: 2927-2933.

Zhai, X., Huang, D., Tang, S., Li, S., Guo, J., Yang, Y., Liu, H., Li, J., and Wang, K., 2017. The emergy of metabolism in different ecosystems under the same environmental conditions in the agro-pastoral ecotone of northern China. Ecological Indicators 74: 198-204.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 127-142

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۴۲-۱۲۷

Evaluating the resources use efficiency and sustainability indices for two potato production systems using emergy analysis (Case Study: Gorgan county)

H.R. Shahhoseini[1], M. Ramroudi[2*] and H. Kazemi[3]
Submitted: 08-06-2019
Accepted: 29-07-2019

Shahhoseini, H.R., Ramroudi, M., and Kazemi, H., 2020. Evaluating the resources use efficiency and sustainability indices for two potato production systems using emergy analysis (Case study: Gorgan county). Journal of Agroecology 12(1):127-142.

Introduction

Agricultural intensification has had negative effects on the environment. The sustainability in the agricultural systems that provides sufficient food on the one hand and maintains the quality of the environment on the other hand, is very important. In assessing the sustainability of agricultural systems, the contribution of both environmental and economic resources must be taken into account. Emergy analysis has many indices in which the efficiency, renewability, environmental burden, and sustainability of a system can be assessed in terms of environmental and economic. The purpose of this study was to evaluate and compare the resource use efficiency and sustainability indices for two autumn and spring potato systems and provide suggestions for optimum and sustainable management of the crop.

Materials and Methods

In this study, two production systems of potato were evaluated using emergy sustainability indices in Gorgan County, Iran during the period of 2017-2018. To this end, 100 and 60 farms were selected for autumn and spring potato, respectively. To analyze the production systems, the spatial and temporal boundaries of the system were defined and resources were divided into four categories: renewable environmental sources (R), nonrenewable environmental resources (N_0), purchased renewable resources (F_R), purchased nonrenewable resources (F_N). Emergy flow for each item was multiplied by their transformities in joules and grams**.** In this study, emergy indices were calculated and compared by t-test between warm and cool production systems.

Results and Discussion

Total emergy inputs for the autumn and spring potato production were estimated as 1.71E+16 and 1.76E+16 sej ha^{-1} $year^{-1}$, respectively. In autumn potato production, dependence on purchased inputs was higher than environmental inputs, while in spring potato production, the dependence of environmental inputs was higher than purchased inputs. Groundwater emergy was the largest emergy inputs of the total in both autumn and spring potato production systems with a share of 23.92% and 45.28%, respectively. In autumn and spring potato production system, transformities were 1.50E+05 and 2.54E+05 sej j^{-1}; emergy renewabilities were 22.85% and 12.78%; emergy yield ratios were 1.44 and 2.06; emergy investment ratios were 2.29 and 0.94; environmental loading ratios were 29.10 and 30.02; and emergy sustainability indices were 0.05 and 0.07, respectively. There is a significant difference between the emergy indices of the autumn and spring potato production systems. Despite the higher contribution of environmental resources in the spring potato production system, the high consumption of groundwater as a non-renewable input led to an increase in environmental burden. The use of new irrigation methods will improve water consumption and, as a result, reduce environmental pressure on ecosystems. The autumn production system was more favorable in terms of yield and resources use efficiency, renewability and environmental sustainability than the spring production system. The economic sustainability of the autumn potato production system was slightly lower than that of the spring potato production system, largely due to the unreasonable use of purchased inputs such as seed and fossil fuels. Optimum management of inputs such as seed and fossil fuels will increase economic sustainability in the autumn potato production system. The optimization of economic inputs will increase economic sustainability in production systems (Kohkan et al., 2017).

1 and 2- Ph.D. Student of Agroecology and Associated Professor, Department of Agronomy, University of Zabol, Iran, respctively.
3- Associated Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.
(*-Corresponding author: mramroudi42@uoz.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.81189

Conclusion

Two autumn and spring potato production systems in Gorgan had significant differences in terms of resources use efficiency, input renewability, environmental burden and ecological sustainability. The autumn potato production system was more favorable in terms of resources use efficiency and environmental sustainability. The economic sustainability of the autumn potato production system was slightly lower than that of the spring potato production system. Optimizing inputs through the use of appropriate seeds (size and recommended amount), the use of soil tillage and modernization of machinery and diesel engines of the well will increase the economic sustainability of the autumn ecosystem.

Keywords: Economic sustainability, Environmental burden, Groundwater, Productivity

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 143-159

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 159-143

ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله (*Tritico secale* L.)

سمیه سوری[1]، رضا امیرنیا[2]، اسماعیل رضائی چیانه[3*] و فاطمه شیخ[4]

تاریخ دریافت: 1398/04/23
تاریخ پذیرش: 1398/08/14

سوری، س.، امیرنیا، ر.، رضائی چیانه، ا. و شیخ، ف. 1399. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط با تریتیکاله (*Tritico secale* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 12 (1): 159-143.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف باقلا (*Vicia faba* L.) در کشت مخلوط سری جایگزینی با تریتیکاله (*Tritico secale* L.)، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه در سال زراعی 97-1396 به‌اجرا درآمد. تیمارها شامل کشت مخلوط تریتیکاله + رقم هیستال باقلا، تریتیکاله + رقم شادان باقلا، تریتیکاله + رقم فیض باقلا، تریتیکاله + رقم مهتا، تریتیکاله + رقم برکت باقلا، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو،کشت خالص تریتیکاله و هر یک از ارقام باقلا بودند. کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه (صفات تعداد و وزن خشک گره ریشه باقلا، ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن 100 دانه و عملکرد دانه و بیولوژیک در باقلا و در تریتیکاله صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن 1000 دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک) دو گیاه باقلا و تریتیکاله داشتند. تراکم بهینه دو گیاه در کشت خالص برای باقلا 20 بوته و برای تریتیکاله 400 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. نتایج در مورد گیاه تریتیکاله نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (7035/4 کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیک (22874 کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و تریتیکاله+ رقم لوزدی اتونو مشاهده شد. بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک باقلا به‌ترتیب با میانگین 3554/9 و 8356/5 کیلوگرم در هکتار به رقم شادان در کشت مخلوط با تریتیکاله تعلق داشت. بیشترین تعداد گره و وزن خشک گره ریشه باقلا (به‌ترتیب با 203/4 عدد گره و 1/1 گرم) از رقم شادان در کشت مخلوط با تریتیکاله و کمترین آن به‌ترتیب با 117/3 گره و 0/4 گرم از کشت خالص رقم شادان باقلا به‌دست آمد. نسبت برابری زمین (LER) در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود و بالاترین میزان برای تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله با هر یک از ارقام فیض، هیستال و شادان به‌دست آمد که می‌تواند برای کشت مخلوط با تریتیکاله توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تعداد گره ریزوبیومی، عملکرد دانه، کشاورزی پایدار، کلروفیل، نسبت برابری زمین

مقدمه

تریتیکاله (*Tritico secale* L.) گیاه اصلاح شده جدید است که از تلاقی گندم (*Triticum aestivum* L.) و چاودار (*Secale cereal* L.) حاصل شده، دارای سازگاری بالایی نسبت به شرایط محیطی سخت از جمله سرما، خشکی و مقاومت به بیماری‌ها و خصوصیات مطلوب زراعی می‌باشد (Ansari et al., 2018). بر اساس آخرین آمار منتشر شده در سال 2017 میلادی در FAO، سطح زیر کشت و تولید جهانی تریتیکاله به‌ترتیب معادل4/17 میلیون هکتار و 15/56 میلیون تن گزارش شده است (FAO, 2017) و سطح زیر کشت آن در ایران

1 و 2- به‌ترتیب، دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی و دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
3- استادیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.
4- استادیار بخش زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: e.rezaeichiyaneh@urmia.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.81918

بیش از 16000 هزار هکتار بوده است (Ansari et al., 2018).

حبوبات بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین‌کننده غذای بشر و از جایگاه خاصی در بین گیاهان زراعی برخوردار می‌باشند (Majnoun Hosseini, 2008). این گیاهان به‌خاطر هم‌زیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش گازهای گلخانه‌ای نقش مؤثری دارند، به همین خاطر در تناوب با گیاهان زراعی و سیستم‌های کشت مخلوط جایگاه ویژه‌ای دارند و جزء مهم‌ترین لگوم‌های دانه‌ای دنیا می‌باشد (Li et al,. 2018; Rezaei-Chiyaneh, 2016). باقلا (*Vicia faba* L.) گیاهی یک‌ساله با ساقه راست و توخالی بوده که ارتفاع بوته آن ممکن است به بیش از 1/5 متر نیز برسد. در سال 2017 میلادی سطح زیر کشت جهانی باقلا در حدود 2/463 میلیون هکتار و تولید جهانی آن 4/840 میلیون تن برآورد شده است. هم‌چنین سطح زیر کشت و تولید آن در ایران در سال 2017 میلادی به‌ترتیب 8/217 هزار هکتار با تولید 17/882 هزار تن گزارش شده است (FAO, 2017).

اخیراً پیش‌بینی شده است با افزایش جمعیت جهان به بیش از نه میلیارد نفر در سال 2050 میلادی دست‌یابی به امنیت غذایی و کاهش خطرات زیست‌محیطی یک چالش عمده در کشاورزی است. افزایش تنوع محصولات به‌طور قابل‌توجهی یک عنصر حیاتی برای توسعه کشاورزی و پایداری محیط‌زیست شناخته شده است (Bedoussac et al., 2015).

بنابراین، نیاز به بهره گیری از اصول اکولوژیک مانندکشت مخلوط برای افزایش بهره‌وری زمین‌های زراعی ضروری به نظرمی‌رسد (Dwivedi et al., 2015). کشت مخلوط عبارت است از کشت دو یا چند گیاه در یک مکان و در یک سال زراعی (Chen et al., 2019)، که باعث افزایش تولید محصول گیاهی و کاهش مصرف منابع در همان زمان می‌شود (Streit et al., 2019). از مزایای کشت مخلوط می‌توان به افزایش عملکرد، ایجاد ثبات در عملکرد، بهبود کمّیت و کیفیت محصولات، افزایش راندمان مصرف آب و سایر اهداف اشاره کرد (Nurbakhsh et al., 2015).

پژوهشگران بیان کردند که کشت مخلوط غلات و لگوم یکی از بهترین راه‌های افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Soleimanpur et al., 2017). کشت مخلوط ذرت (*Zea mays L.*) و سویا (*Glycine max* L.) باعث افزایش عملکرد دانه ذرت و افزایش تولید در سویا شده است که منجر به تعادل بالای تولید محصول و پایداری کشاورزی می‌شود (Bo et al., 2018). در تحقیقی دیگر نتایج نشان داد که کشت مخلوط اثر معنی‌داری برکلیه صفات مورد بررسی تریتیکاله (ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه درسنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک) داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه تریتیکاله از کشت خالص وکمترین عملکرد دانه ازکشت مخلوط تریتیکاله با ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vica villosa roth* L.) به‌دست آمد (Salehi et al., 2018). در ارزیابی زراعی، اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) با نخود (*Cicer arietnium* L.) در شرایط دیم مراغه گزارش شد که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه نخود و تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه گندم تحت تأثیر الگوهای مختلف کشت قرار گرفتند. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه در هر دو گونه به کشت خالص تعلق داشت (Javanmard et al., 2016). در بررسی افزایش رشد و عملکرد گندم و باقلا نشان داده شد که تعامل مثبت بین غلات و حبوبات می‌تواند باعث افزایش بهره‌وری سیستم کشت مخلوط شود (Xiao et al., 2018). در کشت مخلوط جو به همراه دو رقم باقلای متأثر از هم‌زیستی با ریزوبیوم، عملکرد دانه باقلا کاهش یافت، درحالی‌که این نوع کشت به نفع جو بود (Mouradi et al., 2018). درکشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) وکنجد (*Sesamum indicum* L.) گزارش شد که حضور لوبیا اثرات مثبتی بر روی کنجد داشته که این امر احتمالاً به‌دلیل وجود خاصیت تثبیت‌کنندگی نیتروژن در لوبیا می‌باشد (Ghale Noyee et al., 2016). در تحقیقی دیگر در نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و کنجد، نسبت برابری زمین (LER[1]) به‌دلیل اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده مزیت کشت مخلوط می‌باشد (Nurbakhsh et al., 2015). هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی ارقام مختلف باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله به‌منظور دست‌یابی به مناسب‌ترین ترکیب از نظر حصول حداکثر عملکرد و کارآیی استفاده از زمین در شرایط آب‌وهوایی ارومیه بود.

مواد و روش‌ها

1- Land equivalent ratio

این تحقیق در سال زراعی 97-1396 به‌منظور ارزیابی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله و شش رقم باقلا به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با طول جغرافیایی 45 درجه و 24 دقیقه، عرض جغرافیایی 36 درجه و 57 دقیقه و ارتفاع 1328 متری از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا شهرستان ارومیه در سال آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

جدول 1- میانگین بارندگی، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوای ارومیه در سال97- 1396

Table 1- Average rainfall, temperature and relative humidity of urmia, Iran during 2017-2018

	اسفند Feb.	فروردین Mar.	اردیبهشت Apr.	خرداد May.	تیر Jun.
بارندگی Rainfall (mm)	29.1	56.7	132.6	27.2	0.0
دما Temperature (℃)	8.7	12.6	14.7	20.5	27.2
رطوبت نسبی RH (%)	57	50	61	51	32

تیمارها شامل کشت خالص ارقام برکت، فیض، لوزدی اتونو، شادان، هیستال، مهتا و کشت خالص تریتیکاله و در نهایت، کشت مخلوط جایگزینی هر یک از ارقام باقلا با تریتیکاله (کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم برکت، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو، تریتیکاله + رقم شادان، تریتیکاله+ رقم هیستال، تریتیکاله + مهتا) بود. ارقام برکت، فیض، هیستال، لوزدی اتونو دارای دانه‌هایی درشت، طول غلاف بلند هستند که بلندترین طول غلاف مربوط به رقم فیض می‌باشد. هم‌چنین رقم‌های مهتا و شادان دارای اندازه دانه و طول غلاف متوسط هستند، ولی از تعداد غلاف بیشتری برخوردارند. در بین ارقام مذکور، دو رقم فیض و شادان میزان عملکرد آن‌ها نسبت به سایر ارقام (برکت، هیستال، لوزدی اتونو و مهتا) بالاتر است. میانگین وزن صد دانه ارقام مهتا، شادان، فیض، برکت، هیستال، لوزدی اتونو باقلا به‌ترتیب برابر 112، 116، 145، 148، 144 و 140 گرم می‌باشد (Sheikh et al., 2017a; Sheikh et al., 2017b; Sheikh et al., 2018). بذر ارقام باقلا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی گلستان و بذر تریتیکاله رقم سناباد از مرکز تحقیقات و آموزشی کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی تهیه شد. اندازه پلات‌ها 4×3/50 متر بود که در تیمارهای خالص در هر پلات 10 ردیف باقلا با فاصله 12/5× 40 سانتی‌متری از یکدیگر و با عمق پنج سانتی‌متری و تریتیکاله با فاصله 1/25×20 سانتی‌متری کشت شدند. تراکم بهینه دو گیاه در کشت خالص برای باقلا 20 بوته و برای تریتیکاله 400 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کشت مخلوط به‌صورت ردیفی و با نسبت 50:50 بود. کاشت باقلا و تریتیکاله به‌صورت هم‌زمان به‌صورت جوی و پشته در تاریخ 22 اسفند ماه صورت گرفت. قبل از کاشت ارقام باقلا با باکتری *Rhizobium leguminozarum* که به‌صورت مایع از سازمان تحقیقات آب و خاک کرج تهیه شده بود، تلقیح شدند. عملیات وجین به‌صورت دستی و در صورت لزوم در طی فصل رشد انجام شد. با توجه به بارندگی‌های موجود در منطقه، آبیاری از اواخر اردیبهشت به‌طور متوسط هر هفته یک بار انجام گرفت. جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان بر اساس آزمون خاک در پاییز سال کشت مقدار 20 تن کود دامی پوسیده نیز به خاک آزمایش اضافه شد، امّا به‌منظور بررسی آزمایش در راستای اهداف کشاورزی پایدار و نمود بیشتر پیدا کردن تأثیر تثبیت زیستی نیتروژن ارقام باقلا، از هیچگونه کود شیمیایی در تیمارها استفاده نشد. نتایج آنالیز خاک و کود دامی مورد استفاده در آزمایش در جدول 2 آورده شده است.

برای اندازه‌گیری غلظت کلروفیل زمانی‌که باقلا به 50 درصد گل‌دهی رسید و برای تریتیکاله زمانی‌که به مرحله پرچم‌دهی رسیدند، نمونه‌برداری صورت گرفت. عصاره برگ تازه به‌روش آرنون (Arnon, 1967) انجام گردید و از استون 80 درصد استفاده شد و کلروفیل‌های a و b با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر DR2100 اندازه‌گیری شدند. برای محاسبه میزان غلظت کلروفیل a و b از معادله 1 و 2 استفاده

شد، و غلظت کلروفیل‌ها برحسب میلی‌گرم بـر گـرم تعیـین گردیـد (Arnon, 1967).

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش و کود دامی

Table 2- Physical and chemical properties of the soil of experiment site and manure fertilizer

	بافت Texture	پتاسیم قابل جذب K_{ava} (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب P_{ava} (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total N (%)	مواد آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته pH
خاک Soil	رس سیلتی Silty- Clay	398	14.33	0.03	0.91	1.31	7.72
کود دامی Manure fertilizer		2345	1097	1.67	23.65	9.63	7.69

معادله (1)
$$\text{کلروفیل } a = \frac{(19\cdot 3 \times A663 - 0\cdot 86 \times A645)V}{100W}$$

معادله (2)
$$\text{کلروفیل } b = \frac{(19\cdot 3 \times A645 - 3\cdot 6 \times A663)V}{100W}$$

در معادلات 1 و 2، A: جذب در طول موج خاص،V: حجم نمونه بر حسب میلی‌گرم و W: وزن ترنمونه بر حسب گرم

در مرحله گل‌دهی بوته‌های باقلا، جهت شمارش و تعداد گره‌های ریزوبیومی، ابتدا پنج بوته بـه همـراه ریشـه‌هـای بـاقلا از عمـق 50 سانتی‌متری خاک به‌طور کامل با بیل برداشت و پس از شستشو با آب مقطر، ریشه‌ها در زیر میکروسکوپ چشمی قرار داده شـدند. سـپس، تعداد گره‌های موجود در روی ریشه‌های هر بوته که شامل گره‌هـای فعال (صورتی رنگ) و غیرفعال (گره‌های خاکسـتری رنـگ) بودنـد، شمارش شدند (Tadayyon & Ghorbaninejad, 2012).

در پایان فصل رشد، جهت محاسبه عملکـرد دانـه و بیولوژیـک، برداشت بوته‌ها با رعایت شرایط حـذف اثـر حاشـیه از هـر طـرف در کرت‌ها از مساحت دو مترمربع صورت گرفت. بـرای تعیـین عملکـرد بیولوژیک، پس از جدا نمودن بـذرها، نمونـه‌هـا در دمـای 70 درجـه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک درون آون قرار گرفته و سـپس همراه با بذور وزن شدند. برداشت باقلا و تریتیکاله به‌ترتیب در تاریخ 10 و 26 تیر ماه سال 1397 زمـانی‌کـه رنـگ غـلاف‌هـای بـاقلا و سنبله‌های تریتیکاله به زردی گرایش پیدا کرده بودند، صورت گرفت. جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد دانه تریتیکاله و باقلا، از هرکرت 10 بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شدند. سپس، بوته‌هـا بـه آزمایشـگاه منتقل و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و وزن 100 دانه برای باقلا و ارتفاع بوته، طـول سـنبله، تعداد سنبله در بوته، تعداد سنبلچه در سنبله، تعـداد دانـه در سـنبله و وزن 1000 دانه برای تریتیکاله اندازه‌گیری شدند.

مزیت نسبی کشت مخلوط تریتیکاله و ارقام باقلا در مقایسـه بـا کشت خالص بـا اسـتفاده از شـاخص نسـبت برابـری زمـین (LER) محاسبه می‌شود. برای محاسبه شاخص نسبت برابری زمین (بر اساس عملکـرد دانـه) از معادلـه 3 اسـتفاده شـد (Ghale- Noyee et al., 2017):

معادله (3)
$$LER = \frac{Y_1}{F_1} + \frac{Y_2}{S_2}$$

در این معادله، Y_1 و Y_2: به‌ترتیب عملکرد گونه‌هـای اول و دوم در مخلوط و F_1 و S_2: عملکرد گونه اول و دوم در کشت خالص است.

تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده از آزمایش بـا اسـتفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

صفات مورد بررسی تریتیکاله

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کشت مخلوط اثر معنـی‌داری بر تمامی صفات مورد بررسی (ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکـرد دانـه، عملکـرد بیولوژیـک و غلظـت کلروفیـل‌هـای a وb) تریتیکاله داشت (جدول 3).

ارتفاع بوته تریتیکاله: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد کـه ارتفاع بوته تریتیکاله در کشت مخلوط با هر یک از ارقام باقلا بالاتر از کشت خالص تریتیکاله بود (جدول 4). به‌طوری‌کـه بیشـترین ارتفـاع بوته تریتیکاله (103/3 سانتی‌متر) در کشت مخلوط تریتیکاله + رقـم

برکت و کمترین ارتفاع بوته (93/2 سانتی‌متر) در کشت خالص تریتیکاله به‌دست آمد، امّا از لحاظ آماری بین ارتفاع بوته تریتیکاله در کشت مخلوط با رقم‌های فیض، رقم مهتا، شادان و لوزدی اتونو اختلاف معنی‌داری با ارتفاع تریتیکاله در کشت خالص آن وجود نداشت (جدول 4).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اجزای عملکرد تریتیکاله در کشت مخلوط با ارقام باقلا

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) yield and yield components of triticale in intercropping crop with faba bean varieties

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m^{-2}	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه درسنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b
تکرار Replication	2	11.8^{ns}*	0.5^{ns}	1346.7^{ns}	3.6*	2.7^{ns}	3.8^{ns}	301083.9^{ns}	5326168.6^{ns}	0.002^{ns}	0.001^{ns}
تیمار Treatment	6	32.04^{*}	1.1^{*}	2185.6^{*}	2.5^{*}	21.8^{*}	29.2^{*}	1300791.7^{*}	10424903.4^{*}	0.02^{*}	0.004^{*}
خطا Error	12	11.1	0.3	510.9	0.7	6.6	9.1	430390.2	2754676.1	0.005	0.001
ضریب تغییرات CV%	–	3.4	4.1	5.8	3.6	6.04	7.9	10.3	7.9	3.5	6.9

n.s، *: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است.

** and $^{n.s}$: are significant at 5% probability levels and non-significant, respectively.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله در کشت خالص و مخلوط با ارقام باقلا

Table 4- Mean comparisons of yield and yield components of triticale in pure culture and intercropping crop with faba bean varieties

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول سنبله Spike length (cm)	تعداد سنبله در مترمربع Number of spike per m^{-2}	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه در سنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	کلروفیل a Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)
کشت خالص تریتیکاله Pure culture triticale	93.2^{c} *	12^{c}	396^{a-c}	21.90^{b}	40.3^{bc}	39.9^{ab}	6440.7^{a-c}	21466^{ab}	1.87^{b}	0.39^{b}
تریتیکاله + رقم برکت Triticale+ Barkat	103.3^{a}	13.2^{ab}	354.2^{c}	24.5^{a}	45.3^{ab}	33^{c}	5305.8^{c}	18031^{c}	1.97^{ab}	0.48^{a}
تریتیکاله + رقم مهتا Triticale+ Mahta	96.9^{a-c}	13.6^{a}	386.3^{bc}	24.2a	42.3^{a-c}	34.4^{bc}	5619.3^{bc}	18631^{bc}	2.09^{a}	0.45^{a}
ریتیکاله + رقم هیستال Triticale+Histal	100.5^{ab}	12.3^{bc}	402.7^{ab}	23.9^{a}	41.1^{bc}	39.3^{ab}	6512.4^{a-c}	21696^{ab}	2.03^{a}	0.45^{a}
تریتیکاله + رقم فیض Triticale+ Feyz	96.1^{bc}	13.4^{a}	361.9^{bc}	24.5^{a}	47.1^{a}	40.3^{a}	7035.4^{a}	21742^{ab}	1.97^{ab}	0.49^{a}
تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو Triticale+ Luzde otono	99.6^{a-c}	13.4^{a}	435.2^{a}	24.3^{a}	39.7^{c}	40.1^{ab}	6887.3^{ab}	22874^{a}	2.06^{a}	0.47^{a}
تریتیکاله + رقم شادان Triticale+ Shadan	98^{a-c}	13^{a-c}	396.5^{a-c}	23.7^{a}	42.4^{a-c}	40.4^{a}	6782.3^{ab}	22291^{a}	2.04^{a}	0.46^{a}

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

* Means with the same letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan's test at $P \leq 0.05$.

به نظر می‌رسد که افزایش ارتفاع تریتیکاله در کشت مخلوط با باقلا نشأت گرفته از رقابت نوری دو گونه برای جذب نور باشد. واکنش گیاهان مختلف در برابر شدت نور متفاوت است. کمبود نور در تیره گندمیان، باعث ضعیف شدن ساقه و افزایش ارتفاع در این گیاهان می‌شود (Kahraryan et al., 2018).

طول سنبله تریتیکاله: مقایسه میانگین نشان داد که طول

سنبله تریتیکاله در تمامی تیمارهای کشت مخلوط با ارقام باقلا افزایش یافته است؛ به این صورت که بیشترین طول سنبله از کشت مخلوط تریتیکاله + رقم مهتا به‌طول 13/6 سانتی‌متر و کمترین آن درکشت خالص تریتیکاله با طول سنبله 12 سانتی‌متر مشاهده شد (جدول 4). چنین به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط تریتیکاله با ارقام مختلف باقلا، رقابت بین گونه‌ای برای جذب منابع محیطی کاهش یافته و با بهبود جذب این منابع، میزان تولید مواد پرورده در گیاه تریتیکاله افزایش یافته است. ازاین‌رو میزان تخصیص مواد پرورده به هر سنبله بیشتر شده که در اثر آن رشد سنبله افزایش یافته و طول آن نیز بیشتر شده است (Salehi et al., 2018). در تحقیق دیگر حداکثر طول سنبله جو در ترکیب‌های کشت 75٪ باقلا + 25٪ و نیز در ترکیب 50٪ باقلا + 50٪ جو گزارش شده است (Eslami Khalili et al., 2011).

تعداد سنبله تریتیکاله: تعداد سنبله در مترمربع به‌عنوان شاخصی مهم در ارزیابی عملکرد دانه در نظر گرفته می‌شود چرا که دربرگیرنده تعداد دانه و تعداد سنبلچه در سنبله می‌باشد (Takeda & Frey, 1976). نتایج نشان داد که بالاترین تعداد سنبله در مترمربع مربوط به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو به‌میزان 435/2 عدد بود و نیز کمترین آن به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت به تعداد 354/2 تعلق داشت (جدول 4). از نظر تعداد سنبله در مترمربع در بین تمامی تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام باقلا اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). در یک بررسی که بر روی نسبت‌های مختلف ترکیب ارزن با سویا صورت گرفت، تعداد خوشه در بوته ارزن در همه نسبت‌های مخلوط با سویا در مقایسه با تیمار خالص افزایش یافت. این محققان بیان کردند که تراکم‌های پایین ارزن در کشت مخلوط فضای بیشتری برای گیاه فراهم می‌کند تا میزان پنجه خود را افزایش دهد. هم‌چنین، کاهش رقابت درون‌گونه‌ای، توزیع مناسب‌تر و نفوذ نور و استفاده بیشتر از نیتروژن، شرایط را برای تشکیل تعداد خوشه بیشتر در ارزن فراهم می‌کند (Ahmadvand & Hajinia, 2016). این نتایج با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد و به نظر می‌رسد افزایش تعداد سنبله تریتیکاله در کشت مخلوط با برخی از ارقام (هیستال، لوزدی اتونو و شادان)، ناشی از استفاده بهینه از نیتروژن تثبیت شده این ارقام و الگوهای مکمل استفاده از منابع و اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی دو گونه باشد.

تعداد سنبلچه در سنبله تریتیکاله: همان‌طور که در جدول 4 آمده است، بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در کشت مخلوط تریتیکاله+ رقم فیض (24/5 عدد) و کمترین تعداد سنبلچه (21/9 عدد) در کشت خالص تریتیکاله به‌دست آمد (جدول 4). در کشت مخلوط گندم و نخود، بیشترین تعداد سنبلچه در سنبله در الگوهای مختلف کشت مخلوط یک به یک (1:1) به‌دست آمد (Javanmard et al., 2016). در نتیجه هرچه نور قابل دسترس بیشتر باشد، تمایز گل‌آذین‌ها در طی مرحله پنجه‌زنی افزایش یافته و در نتیجه تعداد سنبلچه‌ها و گلچه‌ها در هر گل‌آذین بهبود می‌یابد (Neugschwandtner & Kaul, 2014).

تعداد دانه در سنبله تریتیکاله: نتایج نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض با 47/1 و کمترین تعداد دانه در سنبله در ترکیب تریتیکاله + لوزدی اتونو با 39/7 بوده است (جدول 4). بین تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله به همراه شش رقم باقلا، تنها در ترکیب تریتیکاله + رقم فیض با کشت خالص تریتیکاله تفاوت معنی‌داری وجود داشت. تحقیقات در زمینه کشت مخلوط درهم ماشک و جو در تراکم‌های مختلف نشان داد که در تراکم متوسط ماشک و جو، رقابت بین گونه‌ای ماشک نسبت به رقابت جو کاهش یافته و فضای بیشتری را برای رشد جو فراهم کرده است. بنابراین، ماده فتوسنتزی بیشتری به سنبله‌ها انتقال یافته است که این مسئله سبب تشکیل تعداد دانه‌های بیشتری در سنبله شده و در اثر آن نیز تعداد دانه در سنبله افزایش یافت (Kahraryan et al., 2018). از طرفی، به نظر می‌رسد که تثبیت نیتروژن و آزادسازی اسیدهای آلی توسط گیاه باقلا، دسترسی به عناصرغذایی در طول فصل رشد و مراحل بحرانی را برای گیاه همراه در کشت مخلوط با تریتیکاله، سبب افزایش تعداد دانه در سنبله شده است (Inal et al., 2007). این نتایج با یافته‌های حاصل از کشت مخلوط تأخیری آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و باقلا مطابقت دارد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2015).

وزن هزار دانه تریتیکاله: بیشترین وزن هزار دانه تریتیکاله در کشت مخلوط با رقم‌های شادان و فیض به‌ترتیب با 40/4 و 40/3 گرم به‌دست آمد و کمترین وزن هزار دانه تریتیکاله (33 گرم) به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت مربوط بود. هرچند که بین تیمارهای کشت خالص تریتیکاله با تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم هیستال، تریتیکاله + رقم مهتا، تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو و تریتیکاله + رقم شادان از نظر وزن

هزار دانه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، امّا بین تیمارکشت خالص تریتیکاله با کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول 4). اگرچه در تحقیق حاضر وزن هزار دانه تریتیکاله درکشت مخلوط با رقم هیستال و رقم مهتا کاهش یافت، امّا این کاهش وزن هزار دانه نسبت به وزن هزار دانه کشت خالص تریتیکاله معنی‌دار نبود. وزن هزار دانه تابعی از شرایط محیطی در زمان پر شدن دانه و توانایی گیاه در تأمین مواد شیره پرورده برای مخزن می‌باشد. به نظر می‌رسد که ساختار کانوپی متفاوت دو گونه تریتیکاله و باقلا در کشت مخلوط در به‌دام انداختن تشعشع خورشیدی مفید بوده که این امر به‌دلیل افزایش جذب نور بهبود وزن هزار دانه تریتیکاله در مقایسه با کشت خالص را به دنبال داشته است (Asadi & Khorramdel, 2014). اثر کشت مخلوط بر وزن هزار دانه ذرت شیرین (*Zea mays* L.var. Saccharata) نشان داد که افزایش تراکم مطلوب 20 و 40 درصد ماش باعث افزایش وزن هزار دانه ذرت شیرین نسبت به کشت خالص شده است (Gholi- Nejad et al., 2018). در یک بررسی که در کشت مخلوط درهم جو بهاره (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک گل‌خوشه‌ای صورت گرفت، با افزایش تراکم بوته ماشک و جو وزن هزار دانه جو کاهش پیدا کرد، زیرا با افزایش تراکم گیاهی مواد فتوسنتزی باید در تعداد بیشتری از مخازن توزیع شود و این امر باعث کاهش وزن هزار دانه شده است (Kahraryan et al., 2018). در آزمایشی که روی کشت مخلوط لوبیا و کنجد صورت گرفت، با افزایش تراکم دو گیاه در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی، از وزن هزار دانه کنجد کاسته شد (Ghale- Noyee et al., 2017). به‌طور کلی، می‌توان گفت بیشترین پتانسیل یک سیستم مخلوط زمانی نمایان می‌شود که رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای برای منابع موجود در حد تعادل باشد و یا مجموع رقابت بین گونه‌ای از مجموع رقابت درون‌گونه‌ای برای کسب منابع کمتر باشد (Asadi & Khorramdel, 2014).

عملکرد دانه تریتیکاله: بیشترین عملکرد دانه تریتیکاله (7035/4 کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و کمترین عملکرد دانه (5305/8 کیلوگرم در هکتار) از کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت به‌دست آمد. در مقایسه میانگین تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام مختلف باقلا با کشت خالص تریتیکاله از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه از اجزای عملکرد دانه می‌باشند. بنابراین با کاهش تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه تریتیکاله در کشت مخلوط رقم فیض و رقم مهتا در مقایسه با کشت خالص تریتیکاله، کاهش عملکرد دانه که خود برآیند این صفات مذکور است دور از انتظار نبود. از طرفی در کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم هیستال، تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو و تریتیکاله + رقم شادان، افزایش عملکرد دانه تریتیکاله را می‌توان به افزایش اجزای عملکرد دانه در مخلوط نسبت داد (جدول 4). در یک بررسی که روی کشت مخلوط جو و ماشک صورت گرفت، با افزایش تراکم بوته‌های ماشک و جو در مترمربع از عملکرد دانه کاسته شد. به‌طوری‌که با افزایش تراکم کشت از اجزای عملکرد دانه همچون تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه کاسته شد. در بین نسبت‌های کشت مخلوط ماشک و جو، الگوی 50٪ ماشک و 50٪ جو بیشترین عملکرد را داشته‌اند که این افزایش عملکرد به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه‌ای که ناشی از کاهش رقابت بر سر آشیان اکولوژیک می‌باشد، نسبت داده شده است (Kahraryan et al., 2018). در طی تحقیقی که روی کشت مخلوط گندم و باقلا در سطوح مختلف نیتروژن در طول دو سال متوالی انجام گرفت، عملکرد گندم افزایش نشان داد، که این افزایش عملکرد به‌میزان 28/2-19/5 درصد بیشتر از تک‌کشتی گندم بود (Xiao et al., 2018). بنابراین، کاهش یا افزایش عملکرد در تریتیکاله را می‌توان به توان رقابتی هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط با یکدیگر نسبت داد.

عملکرد بیولوژیک تریتیکاله: تایج نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک تریتیکاله در تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو و تریتیکاله + رقم شادان به‌ترتیب با میانگین 22874 و 22291 کیلوگرم در هکتار و کمترین آن مربوط به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم برکت با میانگین 18031 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. امّا بین تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام مختلف باقلا و کشت خالص تریتیکاله از نظر عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول 4). همچنین روند تغییرات عملکرد بیولوژیک تریتیکاله مشابه با عملکرد دانه بود. در مطالعه‌ای که روی ماده خشک جو در مخلوط با باقلا در مقایسه با کشت خالص صورت گرفته بود، میزان زیست‌توده جو در کشت مخلوط با باقلا باعث افزایش زیست‌توده اندام‌های هوایی جو گردید که این افزایش به‌دلیل جذب آب و مواد غذایی بیشتر ریشه جو در مقایسه با باقلا گزارش شد

(Mouradi et al., 2018). در تحقیقی دیگر، تولید زیست توده و ماده خشک گندم در کشت مخلوط باقلا با گندم ناشی از تحریک رقابتی بر روی گندم افزایش یافت (Xiao et al., 2018). افزایش یا کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک گیاهان در کشت مخلوط به قدرت رقابتی گیاهان شرکت‌کننده در مخلوط، نقش مکملی برای گیاه مجاور داشته و نیز به‌میزان تثبیت و انتقال نیتروژن از گیاه لگوم به غیرلگوم بستگی دارد.

غلظت کلروفیل a و b تریتیکاله: طبق نتایج، بیشترین غلظت کلروفیل a با میانگین 2/09 میلی‌گرم بر گرم مربوط به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم مهتا و کمترین آن به تیمار کشت خالص تریتیکاله با میانگین 1/87 میلی‌گرم تعلق داشت. هم‌چنین بیشترین و کمترین غلظت کلروفیل b تریتیکاله به‌ترتیب با میانگین 0/49و 0/39 میلی‌گرم بر گرم به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و کشت خالص تریتیکاله اختصاص داشت (جدول 4). بین هیچ یک از تیمارهای کشت مخلوط از نظر غلظت کلروفیل a و b با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دیده نشد. گزارش شده که در کشت مخلوط سویا و سورگوم میزان کلروفیل سورگوم در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص همواره بالاتر بوده است (Ghosh et al., 2006). این محققان علت این امر را به سایه‌اندازی این دوگیاه روی هم‌دیگر و تثبیت نیتروژن توسط سویا نسبت داده‌اند. ازاین‌رو، به نظر می‌رسد که در تحقیق حاضر نیز به‌موازات افزایش سایه‌اندازی در کانوپی کشت مخلوط و نیز تثبیت نیتروژن توسط باقلا و از طرفی دیگر، به‌دلیل استفاده بهینه و بالاتر تریتیکاله از نیتروژن موجود در خاک، میزان کلروفیل برگ افزایش یافته است. این نتایج با نتایج الگوهای مختلف کشت مخلوط جایگزینی ارزن و سویا مطابقت دارد (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

صفات مورد بررسی ارقام باقلا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد گره ریشه، وزن خشک گره ریشه، ارتفاع بوته، طول نیام، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، وزن 100 دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و غلظت کلروفیل a و b تریتیکاله در سطح احتمال یک درصد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کشت مخلوط با تریتیکاله قرار گرفتند (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی ارقام باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) of studied traits of faba bean cultivars in intercropping with triticale

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	تعداد گره ریشه No. root nodule	وزن خشک گره ریشه Dry weight of root nodule	ارتفاع بوته Plant height	طول نیام Pod length	تعداد نیام در بوته Pods No. per plant	تعداد دانه در نیام Seeds No. per pod	وزن 100 دانه 100-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	a کلروفیل Chlorophyll a	کلروفیلb Chlorophyll b
تکرار Replication	2	560.4*	0.11*	68.4*	0.6ns	1.9ns	0.2ns	25**	401905.7*	3568893.3**	0.03 ns	0.02*
تیمار Treatment	11	1542.7**	0.15**	172.5**	35.0**	11.5**	1.3**	886.6**	447371.2**	2021174.1**	0.13**	0.01**
خطا Error	22	131.1	0.03	17.9	0.98	0.9	0.1	63.8	74086.6	549266.6	0.01	0.001
ضریب تغییرات CV (%)	–	6.6	24.9	4.6	6.1	14	8.8	6.25	9.14	10.16	6.4	7.7

n.s،**: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار و وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

** and n.s: are significant at 1% probability levels and non-significant, respectively.

تعداد گره و وزن خشک گره ریشه: بیشترین تعداد گره و وزن خشک گره ریشه باقلا (به‌ترتیب 203/4 عدد و 1/14 گرم) مربوط به رقم شادان در تیمار کشت مخلوط با تریتیکاله مشاهده شد. این در حالی است که کمترین تعداد گره و وزن گره ریشه (به‌ترتیب 117/3 عدد و 0/39 گرم) در کشت خالص رقم شادان دیده شد (جدول 6).

تعداد گره و وزن خشک گره ریشه ارقام برکت، مهتا، فیض، هیستال و شادان تحت تأثیر تیمار کشت مخلوط با تریتیکاله افزایش

یافتند، امّا تعداد گره و وزن گره ریشه در کشت مخلوط تریتیکالـه + رقم لوزدی اتونو کاهش نشان داد (جدول 6). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تعداد گره در ریشه باقلا در کشت مخلوط به‌دلیل اثرات مکملی و مساعدتی باقلا از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و در دسترس قرار دادن آن به گونه مجاور، باعث شده فعالیت ریزوبیوم که در ریشه باقلا گره‌سازی می‌کنند، تحریک شده و در نتیجه آن تعـداد گـره فعـال و سرعت تشکیل آن‌ها افـزایش یابـد (Hauggard- Nielson et al., 2001).

جدول 6- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ارقام باقلا درکشت مخلوط با تریتیکاله

Table 6- Means comparison of studied traits of faba bean cultivars in intercropping with triticale

تیمار Treatment	تعداد گره ریشه No. root nodule	وزن خشک گره ریشه Dry weight of root nodule (g)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول نیام Pod length (cm)	تعداد نیام دربوته Pods No. per plant	تعداد دانه در نیام Seeds No. per pod	وزن 100 دانه 100-seed weight (g)	عملکرد دانه Seed yield (Kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg.ha^{-1})	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g^{-1})	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1})
کشت خالص Pure culture triticale											
مهتا Mahta	166.7^{cd}*	0.55^{c-e}	86.5^{ef}	11.2^{f}	9.4^{a}	2.9^{f}	95.1^{d}	2525.4^{cd}	6761.3^{cd}	1.38^{g}	0.33^{g}
هیستال Histal	173.3^{c-e}	0.73^{b-d}	90.8^{de}	18.4^{a-c}	5.9^{b}	4.2^{a-c}	136.8^{ab}	2971.2bc	7358.1^{a-c}	1.51^{d-g}	0.378^{e-g}
فیض Feyz	173.6^{c-e}	0.6^{c-e}	93.1^{c-e}	18.2^{bc}	5.2^{b}	4.4^{ab}	136.8^{ab}	3214.9^{ab}	8014.4^{a-c}	1.507^{e-g}	0.35f^{g}
برکت Barkat	163.7^{de}	0.46^{de}	99.1^{a-c}	19.7^{ab}	4.4^{b}	4.5^{ab}	136.3^{ab}	2446.8^{d}	6751.0^{cd}	1.53^{d-g}	0.384^{d-f}
لوزدی اتونو Luzde otono	169.3^{de}	0.58^{c-e}	85.1^{ef}	17.3^{c}	5.8^{b}	3.8^{b-d}	135.5^{a-c}	2930.3^{b-d}	6878.1^{bc}	2.03^{a}	0.51^{a}
شادان Shadan	117.3^{f}	0.39^{e}	98.7^{a-c}	12.4^{ef}	9.1^{a}	3.2^{ef}	121^{c}	3419.7^{ab}	7927.1^{a-c}	1.58^{d-f}	0.4^{c-e}
مخلوط Intercropping											
مهتا Mahta	179.1^{b-d}	0.68^{b-e}	89.2^{de}	11.5^{f}	9.7^{a}	3.3^{d-f}	95.3^{d}	2829^{cd}	7421.4^{a-c}	1.39f^{g}	0.37^{e-g}
هیستال Histal	193.4^{a-c}	0.85^{a-c}	95^{b-d}	18.8^{a-c}	5.7^{b}	4.7^{a}	143.7^{a}	3230.2^{ab}	7584.5^{a-c}	1.63^{c-e}	0.379^{ef}
فیض Feyz	183.3^{a-d}	0.72^{b-d}	90.6^{de}	19.9^{ab}	5.9^{b}	4.6^{a}	144.2^{a}	3437.6^{ab}	8238.7^{ab}	1.97^{ab}	0.5^{a}
برکت Barkat	198.2^{ab}	0.95^{ab}	102.2^{ab}	20.2^{a}	5.6^{b}	4.8^{a}	142.7^{a}	2663.3^{cd}	6813.3^{bc}	1.81^{bc}	0.47^{ab}
لوزدی اتونو Luzde otono	155.9^{e}	0.42^{de}	79.5^{f}	14.7^{d}	5.7^{b}	3.8^{c-e}	122.8^{bc}	2641.7^{cd}	5455.8^{d}	1.61^{de}	0.42^{cd}
شادان Shadan	203.4^{a}	1.14^{a}	105.7^{a}	13.7^{de}	9.4^{a}	3.5^{d-f}	124.1^{bc}	3554.9^{a}	8356.5^{a}	1.71^{cd}	0.44^{bc}

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

* Means with different letters in a column and for each component are not significantly different based on Duncan's test $P \leq 0.05$.

در تحقیقی که برای بررسی میزان نیتروژن نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در کشت مخلوط با جو و خـالص آن صـورت گرفـت، محققین به این نتیجه دست یافتند که تعداد گره نخودفرنگی در کشت مخلوط با جو 45- 27 درصد بیشتر از خالص آن و در نتیجه، میـزان تثبیت نیتروژن 17-9 درصد بیشتر از کشت خالص نخـودفرنگی شـد (Chapagain & Riseman, 2014).

ارتفاع بوته باقلا: بین ارقام مختلف مورد مطالعه باقلا، حداکثر ارتفاع بوته به‌ترتیب به رقم شادان و رقم برکت در مخلوط با تریتیکاله (به‌ترتیب 105/7 و102/2 سانتی‌متر) تعلق داشت. هـم‌چنـین حـداقل ارتفاع بوته در رقم لوزدی اتونو در کشت مخلوط با تریتیکالـه (79/5

سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول 6). این در حالی است که تفاوت آماری از لحاظ این ویژگی بین کشت خالص و مخلوط ارقام باقلا مشاهده نشد. افزایش ارتفاع بوته باقلا در کشت مخلوط را می‌توان به سایه‌اندازی و رقابت نوری بین بوته‌ها نسبت داد، چرا که رقابت بر سر نور باعث می‌شود تا گیاهان سرمایه‌گذاری بیشتری را برای افزایش ارتفاع بوته داشته باشند (Tuna & Orak, 2007). محققان گزارش کردند که در شرایط سایه به دنبال کاهش نسبت نور قرمز به قرمز دور (R/FR) وکاهش میزان تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR[1])، افزایش ارتفاع گیاهان قابل انتظار است (Yang et al., 2014). در ارزیابی زراعی، اکولوژیکی و اقتصادی کشت مخلوط نخود و گندم، حداکثر ارتفاع بوته نخود در مخلوط با نخود در تیمار 100 درصد نخود + 100 درصد گندم گزارش شده است (Javanmard et al., 2016). هم‌چنین در کشت مخلوط سویا و ارزن،گزارش شده است که حضور ارزن در بین ردیف‌های سویا باعث افزایش ارتفاع سویا شد (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

طول نیام باقلا: طول نیام یکی از مهم‌ترین صفات تعیین‌کننده میزان تولید محصول در باقلا محسوب می‌شود. معمولاً ارقام با طول نیام بلندتر به‌طور معنی‌داری محصول بیشتری را نسبت به ارقام با طول نیام کوتاه‌تر تولید می‌کنند (Samizadeh et al., 2003). با توجه به نتایج مشاهده می‌شود که بیشترین طول نیام (20/2 سانتی‌متر) به رقم برکت در کشت مخلوط با تریتیکاله تعلق دارد که اختلاف آن با تیمارهای مخلوط رقم‌های لوزدی اتونو، شادان و مهتا معنی‌دار بود. هم‌چنین کمترین طول نیام (11/5 سانتی‌متر) مربوط به تیمار خالص رقم مهتا بود (جدول 6). محققان افزایش طول نیام سویا در تیمارهای کشت مخلوط با نعناع فلفلی (*Mentha piperia* L.) را به افزایش جذب بهتر فسفر و سایر عناصر غذایی در کشت مخلوط نسبت دادند (Amani Machiani et al., 2017).

تعداد نیام در بوته باقلا: بر اساس نتایج به‌دست آمده، کشت مخلوط تریتیکاله + رقم مهتا وکشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان به‌ترتیب با 9/7 و 9/4 نیام در بوته بیشترین و کشت خالص رقم برکت با 4/4 کمترین تعداد نیام در بوته را تولید کردند (جدول 6). هرچند که تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد نیام در بوته بین کشت خالص ارقام باقلا و تیمارهای کشت مخلوط با تریتیکاله وجود نداشت (جدول 6). تعداد نیام در بوته از جمله مهم‌ترین و تأثیرگذارترین جزء عملکرد نهایی باقلا می‌باشد. افزایش تعداد نیام در بوته باقلا در کشت مخلوط می‌تواند به‌دلیل کاهش رقابت درون‌گونه‌ای و بین گونه‌ای باشد. به نظر می‌رسد که افزایش تعداد نیام در برخی از ارقام باقلا با تریتیکاله، با تشکیل ساختار کانوپی غیریکنواخت و وجود فضای مناسب در کشت مخلوط، سبب استفاده بهینه از عوامل محیطی و در نتیجه افزایش تعداد نیام در بوته شده است (Ahmadvand & Hajinia, 2016). در کشت مخلوط تأخیری باقلا با آفتاب‌گردان تعداد نیام در بوته باقلا در کشت مخلوط ردیفی 1:1 افزایش یافت، زیرا به‌دلیل هم‌زمانی کمتر دوره رشدی این دو گونه در کشت مخلوط تأخیری، رقابت بین گونه‌ای این گیاهان کاهش یافته و از ریزش گل‌ها و کاهش تعداد نیام در بوته جلوگیری شده است (Rezaei Chiyaneh et al., 2015). در کشت مخلوط افزایشی ذرت و ماش، تعداد غلاف در بوته نسبت به کشت خالص افزایش یافته است که محققان این افزایش را به‌علت تراکم کمتر ماش نسبت به شرایط کشت خالص و هم‌چنین سرکوبی بیشتر علف‌های هرز گزارش کرده اند (Gholi- Nejad et al., 2018). امّا، در بررسی کشت مخلوط آفتاب‌گردان، لوبیا قرمز و کنجد تعداد نیام در بوته لوبیا قرمز در کشت مخلوط کاهش پیدا کرد که محققان این کاهش تعداد نیام را به قدرت رقابتی ضعیف لوبیا نسبت داده‌اند (Koocheki et al., 2016). ازاین‌رو می‌توان گفت که علت کاهش تعداد نیام در بوته در رقم‌های لوزدی اتونو و رقم برکت در مخلوط با تریتیکاله، قدرت رقابتی ضعیف این دو رقم نسبت به تریتیکاله باشد.

تعداد دانه در نیام باقلا: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تمامی تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم‌های باقلا به‌جز در تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی‌اتونو، تعداد دانه در نیام افزایش یافت. البته در تمامی سیستم‌های کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام مختلف باقلا این افزایش معنی‌دار نبود (جدول 6). این نتایج بیانگر اثر مثبت سیستم کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در رابطه با بهبود شرایط رشدی برای باقلا می‌باشد. چرا که در شرایطی که رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای باشد، گیاهان در کشت مخلوط برای آشیان‌های اکولوژیک یکسان رقابت نکرده و عملکرد و اجزای عملکرد افزایش می‌یابد (Amani Machiani et al., 2018). این نتایج با نتایج کشت مخلوط افزایشی ذرت و ماش مطابقت دارد، به‌طوری‌که تعداد دانه در غلاف ماش در دو سیستم

1- Photosynthetically active radiation

مخلوط ذرت با40 و 60 درصد ماش افزایش معنی‌داری داشت (Gholi- Nejad et al., 2018). این محققان بیان کردند که کشت مخلوط شرایط را برای رشد ماش نسبت به کشت خالص بهتر فراهم کرده است. هم‌چنین تعداد دانه در نیام در حقیقت ظرفیت مخزن گیاه را تعیین می‌کند و هرچه تعداد دانه در نیام بیشتر باشد، گیاه دارای مخزن بزرگ‌تری برای دریافت مواد فتوسنتزی بوده و در نهایت، افزایش این صفت منجر به بهبود عملکرد دانه می‌شود (Rezaei- Chiyaneh & Gholi- Nezhad, 2015). بنابراین، کاهش تعداد دانه در نیام رقم لوزدی اتونو در کشت مخلوط با تریتیکاله را به ضعیف بودن توان رقابتی این رقم نسبت به تریتیکاله می‌توان نسبت داد.

وزن 100 دانه باقلا: عاملی مهم و تعیین‌کننده عملکرد دانه در گیاه است و نیز نقش مهمی در پتانسیل عملکرد یک رقم دارد. وزن 100 دانه باقلا نیز تحت تأثیر تیمارهای کشت مخلوط قرار گرفت (جدول 5). بیشترین وزن 100 دانه در تیمار کشت مخلوط رقم فیض (144/2 گرم) بدون تفاوت معنی‌دار با رقم هیستال و رقم برکت (به‌ترتیب 143/7 و 142/7 گرم) در کشت مخلوط با تریتیکاله مشاهده شد و کمترین وزن 100 دانه باقلا به تیمار کشت خالص رقم مهتا با 95/1 گرم تعلق داشت. بین کشت مخلوط تریتیکاله + ارقام باقلا با کشت خالص خود، تفاوت معنی‌داری از لحاظ وزن 100 دانه مشاهده نشد (جدول 6). به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط به‌دلیل افزایش جذب نور توسط پوشش گیاهی (Tuna & Orak, 2007)، تحریک تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش طول و وزن خشک ریشه (Banik et al., 2006)، افزایش کارآیی مصرف آب، باعث آسیمیلاسیون بیشتر مواد فتوسنتزی بر اثر افزایش نسبی رقابت بین گونه‌ای و کاهش رقابت درون‌گونه‌ای (Hauggard- Nielson, 2001) نسبت به کشت خالص شده و موجب افزایش وزن 100 دانه شده است. در طی گزارشی وزن 100 دانه لوبیا در نسبت‌های مختلف کشت مخلوط با زنیان نسبت به کشت خالص افزایش نشان داد (Khorramdel et al., 2016). هم‌چنین در تحقیقی وزن 1000 دانه نخود در کشت مخلوط با تریتیکاله افزایش یافت، امّا بر روی باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله اثر معنی‌داری نداشت (Soleimanpur et al., 2017).

عملکرد دانه و بیولوژیک باقلا: بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک باقلا به تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان به‌ترتیب با میانگین 3554/9 و 8356/5 کیلوگرم در هکتار اختصاص داشت (جدول 6)، این در حالی بود که بین تیمار مذکور و تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم فیض و کشت مخلوط تریتیکاله + رقم هیستال از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. کمترین عملکرد دانه باقلا نیز به تیمار کشت خالص رقم برکت با میانگین 2446/8 کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک به رقم لوزدی اتونو با میانگین 5455/8 کیلوگرم در هکتار در کشت مخلوط با تریتیکاله اختصاص داشت. در کشت مخلوط اغلب میزان زیست‌توده و عملکرد دانه گیاهان به‌دلیل استفاده بهینه از منابع محیطی از قبیل آب، نور و مواد غذایی بهبود می‌یابد؛ به نظر می‌رسد به‌دلیل آشیان اکولوژیکی متفاوت ریشه و تفاوت‌های مربوط به هر رقم نیز مربوط باشد (Streit et al,. 2019). هم‌چنین در الگوهای کشت مخلوط هر اندازه شباهت گیاهان همراه در مخلوط از لحاظ اکولوژیکی، مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی کمتر باشد، استفاده از منابع محیطی مانند نور به حداکثر میزان خود رسیده و در این شرایط کارآیی مصرف نور افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که تسهیم مواد فتوسنتزی به مخازن بیشتر می‌شود و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (Gao et al., 2010). نتایج حاصل از تحقیقی نشان داد که عملکرد دانه باقلا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بهبود پیدا کرده است (Amani Machiani et al., 2017). کاهش عملکرد دانه و بیولوژیکی رقم لوزدی اتونو باقلا در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را می‌توان به افزایش رقابت رقم لوزدی اتونو با تریتیکاله نسبت داد که منجر به کاهش رشد، کاهش تعداد نیام، کاهش تعداد دانه در نیام و وزن دانه شد. گزارش شده که عملکرد بیولوژیک ماشک در مخلوط نسبت به خالص خود در مخلوط با جو، افزایش عملکرد ماده خشک از 30/4 درصد به 74/6 درصد رسیده است (Yilmaz et al., 2015).

غلظت کلروفیل a و b باقلا: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کشت مخلوط تریتیکاله و ارقام باقلا بر میزان غلظت کلروفیل a و b در رقم‌های مختلف باقلا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 5). کشت خالص رقم لوزدی اتونو به‌ترتیب با میانگین2/03 و 0/51 میلی‌گرم بر گرم دارای بیشترین، و کشت خالص رقم مهتا با میانگین 1/38 و 0/33 میلی‌گرم بر گرم دارای کمترین میزان کلروفیل a و b بودند. میزان کلروفیل ارقام باقلا در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص به‌جز تیمار کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو افزایش نشان دادند (جدول 6). احتمالاً افزایش میزان غلظت کلروفیل باقلا در کشت مخلوط، به‌دلیل

افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها روی یکدیگر می‌باشد، به بیان دیگر گیاه زراعی در شرایط سایه برای به‌دام انداختن هرچه بیشتر نور برای تولید فتوآسیمیلات میزان کلروفیل برگ خود را افزایش می‌دهد. این نتایج با سایر نتایج محققین دیگر هم‌خوانی دارد (Lin et al., 2007). هم‌چنین، به نظر می‌رسد که کاهش تعداد و وزن خشک گره ریشه که به تبع آن میزان تثبیت نیتروژن اتمسفری کاهش می‌یابد، دلیل کاهش غلظت کلروفیل a و b رقم لوزدی اتونو در کشت مخلوط باشد (جدول 6). در یک بررسی روی الگوهای کشت مخلوط ارزن و سویا، میزان کلروفیل هر دو گیاه در کشت مخلوط افزایش یافته است (Ahmadvand & Hajinia, 2016).

نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio =LER) بر اساس عملکرد دانه

نسبت برابری جزئی زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط برای تریتیکاله و ارقام مختلف باقلا بیشتر از 0/5 بود که بیشترین LER جزئی تریتیکاله 1/12 در کشت مخلوط با رقم فیض باقلا، و بیشترین LER جزئی باقلا در کشت مخلوط با تریتیکاله در رقم‌های هیستال و برکت با 1/09 مشاهده شد. هم‌چنین کمترین LER جزئی برای تریتیکاله با 0/84 در کشت مخلوط با رقم برکت، و کمترین آن در باقلا برای رقم لوزدی اتونو با 0/93 مشاهده گردید. بین الگوهای مختلف کشت نسبت برابری زمین جزئی باقلا نسبت به تریتیکاله بالاتر بود که می‌توان چنین استنباط نمود که باقلا از کشت مخلوط با تریتیکاله اثر مثبت پذیرفته است که این امر احتمالاً مربوط به افزایش تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باقلا و اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی در کشت مخلوط مربوط می‌باشد که نشان می‌دهد گیاه باقلا از مزایای کشت مخلوط به‌نحو مطلوبی استفاده کرده است. در کشت مخلوط جو و نخود گزارش شده است که حداکثر LER جزئی جو (0/73) در کشت مخلوط دو ردیف جو + دو ردیف نخود در شرایط کاربرد کود شیمیایی و حداکثر LER جزئی نخود (0/75) در کشت مخلوط دو ردیف جو + چهار ردیف نخود در شرایط عدم کاربرد کود به‌دست آمد (Rezaei- Chiyaneh et al., 2019).

جدول 7- نسبت برابری زمین کل برای عملکرد دانه در کشت مخلوط تریتیکاله و باقلا

Table 7- Land equivalent ratio (LER) for seed yields of triticale and faba bean in intercropping

تیمار Treatment	نسبت برابری زمین Land Equivalent Ratio (LER) تریتیکاله Triticale	باقلا Faba bean	کل Total
تریتیکاله + رقم مهتا Mahta cultivar + Triticale	0.89[bc]	1.07[a]	1.96[a]
تریتیکاله + رقم هیستال Histal cultivar + Triticale	1.03[ab]	1.09[a]	2.12[a]
تریتیکاله + رقم فیض Feyz cultivar + Triticale	1.12[a]	1.08[a]	2.20[a]
تریتیکاله + رقم برکت Barkat cultivar + Triticale	0.84[c]	1.09[a]	1.93[a]
تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو Luzde otono cultivar + Triticale	1.08[a]	0.93a	2.01[a]
تریتیکاله + رقم شادان Shadan cultivar + Triticale	1.06[a]	1.04[a]	2.10[a]

در تحقیق حاضر، نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین 1/93 و2/20 بود که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط تریتیکاله با ارقام مختلف باقلا نسبت به کشت خالص می‌باشد (Yilmaz et al., 2015). بالاترین نسبت برابری کل زمین در بین تیمارهای کشت مخلوط بر اساس عملکرد دانه با 2/20، 2/12 و 2/11 به‌ترتیب در کشت مخلوط تریتیکاله با ارقام فیض، هیستال و شادان باقلا مشاهده گردید (جدول 7). اگر LER کل بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده این است که علاوه‌بر اثر متقابل مثبت بین گیاهان

در کشت مخلوط، رقابت بین گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد (Ghosh et al., 2006). مصرف کارآمد منابع محیطی، تثبیت نیتروژن، تبادل مواد غذایی، تفاوت در سیستم ریشه‌ای گونه‌های مخلوط و افزایش جذب تشعشع از دلایل افزایش LER در کشت مخلوط می‌باشد (Banik et al., 2006; Hauggard-Nielson et al., 2001). در نتایج حاصل از کشت مخلوط افزایشی ذرت شیرین و ماش نسبت برابری زمین در تمامی تیمارهای مخلوط افزایشی بیشتر از یک گزارش شده است (Gholi- Nejad et al., 2018). در یک بررسی روی کشت مخلوط باقلا و گندم طی دو سال متوالی، نسبت برابری زمین بین 1/85 تا 2/02 متغیر بود (Chen et al., 2019). این محققان گزارش کردند که تقریباً به دو بار استفاده از یک مزرعه کشت خالص برای دست‌یابی به این عملکرد مورد نیاز است که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با اجرای کشت مخلوط، عملکرد و اجزای عملکرد تریتیکاله و ارقام باقلا تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفته‌اند. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیکی در هر دو گونه باقلا و تریتیکاله به تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان، تریتیکاله + رقم فیض، تریتیکاله + رقم هیستال نسبت به کشت خالص هر دو گونه باقلا و تریتیکاله بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر نسبت به کشت خالص آن‌ها که افزایش قابل توجهی نشان داد، اختصاص داشت. کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک تریتیکاله در کشت مخلوط با رقم برکت و رقم مهتا دیده شد. هم‌چنین در باقلا کمترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به کشت مخلوط تریتیکاله + رقم لوزدی اتونو تعلق داشت. استفاده از کشت مخلوط جایگزینی به‌دلیل کاهش رقابت بین گونه‌ای نسبت به رقابت درون‌گونه ای از طریق استفاده بهینه از منابع محیطی موجب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد هر دو گونه گیاهی گردید. هم‌چنین بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش سیستم کشت مخلوط تریتیکاله و ارقام مختلف باقلا در تمامی تیمارهای مخلوط سودمندی بالاتری نسبت به کشت خالص تیمارهای مزبور داشت، به‌طوری‌که نسبت برابری زمین (LER) در همه آن‌ها بالاتر از یک بود. به‌طور کلی، در این پژوهش با توجه به اینکه رقم‌های شادان، فیض و هیستال دارای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک بیشتر با نسبت برابری زمین بالاتری برخوردار بودند، به نظر می‌رسد که قابلیت رشد و سازگاری بیشتری با تریتیکاله در شرایط کشت مخلوط دارند. بنابراین، می‌توان گفت تیمارهای کشت مخلوط تریتیکاله + رقم شادان، تریتیکاله + رقم فیض و تریتیکاله + رقم هیستال افزون بر ایجاد تنوع و ثبات در اکوسیستم‌های کشاورزی و هم‌چنین پایداری و ثبات در تولید، می‌تواند به‌طور چشمگیری در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری از زمین‌های کشاورزی مؤثر باشد، لذا این ارقام می‌تواند جهت کشت مخلوط با تریتیکاله در منطقه به کشاورزان توصیه می‌شود.

References

Ahmadvand, G., and Hajinia, S., 2016. Ecological aspects study of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary)

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.). Journal of Cleaner Production 171: 529-537.

Amani Machiani, M., Javanmard, A., and Shekari, F., 2017. The effect of intercropping patterns on peppermint (*Mentha piperita* L.) dry biomass yield and essential oil content and faba bean (*Vicia faba* L.) seed yield. Journal of Crop Production and Processing 7(3):79-97. (In Persian with English Summary)

Ansari, S., Mirmohammady- Maibody, S.A.M., Arzani, A., and Golkar, P., 2018. Evaluation of different triticale (*Triticosecale wittmack X*) genotypes for agronomic and qualitative characters. Iranian Journal of Field Crops Research 15(4): 872-884. (In Persian with English Summary)

Arnon, A., 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23(1): 112-121.

Asadi, Gh. A., and Khorramdel, S., 2014. Effects of different ratio of barley and hairy vetch intercropping on yield, plant nitrogen content, weed population and diversity. Electronic Journal of Crop Production 7(1): 131-156. (In Persian with English Summary)

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghsoe, S.S., 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment. Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325- 332.

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(3): 911-935.

Bo, J.D., Han, T.F., Gai, J.Y., Yong, T.W., Sun, X., Wang, X.C., Yang, F., Liu, J., Shu, K., Liu, W.G., and Yang, W.Y., 2018. Maize-soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. Journal of Integrative Agriculture 17(4): 747-754.

Chapagain, T., and Riseman, A., 2014. Barley–pea intercropping: Effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crops Research 166: 18–25.

Chen, P., Song, C., Liu, X. M., Zhou, L., Yang, H., Zhang, X., and Wang, X.C., 2019. Yield advantage and nitrogen fate in an additive maize-soybean relay intercropping system. Science of the Total Environment 657: 987-999.

Dwivedi, A., Dev, I., Kumar, V., Yadav, R.S., Yadav, M., Gupta, D., Singh, A., and Tomar, S.S., 2015. Potential role of maize-legume intercropping systems to improve soil fertility status under smallholder farming systems for sustainable agriculture in India. International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research 4(3): 145.

Eslami, K.F., Pirdashti, H., and Motaghian, A., 2011. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.) yield in different density and mixture intercropping via competition indices. Journal of Agroecology 3(1): 94-105. (In Persian with English Summary)

FAO., 2017. Food and agriculture organization of the united nation. Quaterly bulletin of Statistics. Remote, Italy.

Gao, Y., Duana, A., Qiua, X., Liua. Z., Suna, J., Zhang, J., and Wanga, H., 2010. Distribution of roots and root length density in a maize/soybean strip intercropping system. Agricultural Water Management 98: 199-212.

Ghale- Noyee, S., Koocheki, A., Yazdi, M.N.P., and Jahan, M., 2016. Effect of different treatments of mixed and row intercropping on yield and yield components of sesame and bean. Iranian Journal of Field Crops Research 15(3): 588-602. (In Persian with English Summary)

Gholi- Nejad, A., Yadavi, A., Movahhedi Dehnavi, M., and Farajee, H., 2018. The effect of additive intercropping on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L. *var. Saccharata*) and mungbean (*Vigna radiate* L.) and weed biomass. Journal of Agroecology 10(1): 120-134. (In Persian with English Summary)

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

Hauggard- Nielson, H., Ambus, P., and Jensen, E.S., 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea barly intercropping. Field Crop Research 70: 101- 109.

Inal, A., Gunes, A., Zhang, F., and Cakmak, I., 2007. Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiology and Biochemistry 45: 350-356.

Javanmard, A, Rostami, A, Nouraein, M., and Gharekhany, G., 2016. Agronomical, ecological and economical evaluation of wheat- chickpea intercropping under rainfed condition of Maragheh. Agricultural Science and Sustainable Production 26(1): 19-37. (In Persian with English Summary)

Kahraryan, B., Farahvash, F., Mohammadi, S., Mirshekari, B., and Rashidi, V., 2018. Evaluation of barley (*Hordeum vulgare* L.) and vetch (*Vicia villosa* Roth.) intercropping. Journal of Crop Ecophysiology 4(48): 651-670. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Siahmargooyi, A., and Ghadriyye, M., 2016. Effect of replacement and additive intercropping series of ajowan with bean on yield and yield components. Journal of Crop Production 9(1): 1-24. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Zarghani, H., and Noroozyan, A., 2016. Comparison of yield and yield components of sunflower (*Helianthus annuus* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.) and red bean (*Phaseolus calcaratus* L.) under different intercropping arrangements. Iranian Journal of Field Crops Research 14(2): 226-243. (In Persian with English Summary)

Li, M., Zhang, J., Liu, S., Ashraf, U., Zhao, B., and Qui, S., 2018. Mixed- cropping systems of different rice cultivars have grain yield and quality advantages over mono- cropping systems. Journal of the Science of Food and Agriculture 99(7): 3326-3334.

Lin, C.W., Chen, Y.C., Huang, J., and Tu, T., 2007. Temporal variation of plant height, plant cover and leaf area index in intercropped area of Sichuan, China. Chinese Journal of Ecology 26: 989-994.

Majnoun- Hosseini, N., 2008. Agriculture and Livestock Production. Tehran University Press, Iran. (In Persian)

Mouradi, M., Farissi, M., Makoudi, B., Bouizgaren, A., and Ghoulam, C., 2018. Effect of Faba bean (*Vicia Faba* L.) rhizobia symbiosis on barley's growth, phosphorus uptake and acid phosphatase activity in the intercropping system. Annals of Agrarian Science 16(3): 297-303.

Neugschwandtner, R., and Kaul, P.H., 2014. Sowing ratio and N fertilization affect yield and yield components of oat and pea in intercrops. Field Crops Research 155: 159–163.

Nurbakhsh, F., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M., 2015. Evaluation of yield, yield components and different

intercropping indices in mixed and row intercropping of sesame (*Sesamum indicum* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Iranian Journal of Pulses Research 6(2): 73-86. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E., 2015. Study of agronomic characteristics and advantage indices in intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)

Rezaei- Chiyaneh, E., 2016. Evaluation of quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.), and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 8(2): 263-280. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Khorramdel, S., and Garachali, P., 2015. Evaluation of relay intercropping of sunflower and faba bean on their yield and land use efficiency. Journal of Crops Improvement 17(1): 183-196. (In Persian)

Rezaei- Chiyaneh, E., Rasouli, Y., Jalilian, J., and Ghodsi, M., 2019. Evaluation of quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) in intercropping affected by biological and chemical fertilizers in supplemental irrigation condistion. Journal of Agroecology 11(1): 69-85. (In Persian with English Summary)

Samizadeh, H., Yazdi-Samadi, B., Ghannadha, M.R., Malbobi, M.A., Taleei, A.R., and Ricestingam, G., 2003. A study of molecular marker associated with pod length trait in canola (*B. napus*) double haploid population. Iranian Journal of Agricultural Sciences 34(4): 871-879. (In Persian with English Summary)

Sheikh, F., Asteraki, H., and Aghajani, M.A., 2018. Report on the introduction of the new bean mahta (G- Faba-95). Seed and Plant Improvement Institute (SII), Iran. 43 p. (In Persian)

Sheikh, F., Sekhavat, R., Miri, K., Asteraki, H., and Aghajani, M. A., 2017a. Report on the introduction of the new bean feyz (G- Faba-1-1). Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Iran. 54 p. (In Persian)

Sheikh, F., Sekhavat, R., Miri, K., Asteraki, H., and Aghajani, M.A., 2017b. Report on the introduction of the new bean Shadan (G- Faba-133). Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Iran. 57 p. (In Persian)

Soleimanpur, L., Naderi, R., Bijanzdeh, E., and Emam, Y., 2017. Response of faba bean and pea yield and yield components to cereal-legume intercropping under weed competitions. Iranian Journal of Pulses Research 8(1): 150-163. (In Persian with English Summary)

Streit, J., Meinen, C., Nelson, W.C.D., Siebrecht-Schöll, D.J., and Rauber, R., 2019. Above-and belowground biomass in a mixed cropping system with eight novel winter faba bean genotypes and winter wheat using FTIR spectroscopy for root species discrimination. Plant and Soil p. 1-18.

Tadayyon, M.R., and Ghorbaninejad, A.J., 2012. Effect of supplementary irrigation and compost application on morphological triats and yield of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 31-44. (In Persian with Enlish Summary)

Tuna, C., and Orak, A., 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch/oat cultivated in pure stand and mixtures. Journal of Agriculture Biological Science 2: 14-19.

Takeda, K., and Frey, J., 1976. Contributions of vegetative growth rate and harvest index in grain yield of progenies from *Avena Sativa* XA. Crop Science 16: 817-822.

Xiao, J., Yin, X., Ren, J., Zhang, M., Tang, L., and Zheng, Y., 2018. Complementation drives higher growth rate and yield of wheat and saves nitrogen fertilizer in wheat and faba bean intercropping. Field Crops Research 221: 119-129.

Yang, F., Huang, S., Gao, R., Liu, W., Yong, T., Wang, X., Wu, X., and Yang, W., 2014. Growth of soybean seedling in relay strip intercropping systems in relation to light quantity and red: far- red ratio. Field Crops Research 155: 245-253.

Yilmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., and Erayman, M., 2015. Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39(1): 135-143.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 143-159

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 12، شماره 1، بهار 1399، ص 159-143

Evaluation of Yield and Yield Components of Different Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties in Intercropping with Triticale (*Tritico secale*)

S. Sori[1], R. Amirnia[2], E. Rezaei-Chiyaneh[3*] and F. Sheikh[4]

Submitted: 14-07-2019
Accepted: 14-11-2019

Sori, S., Amirnia, R., Rezaei-Chiyaneh, E., and Sheikh, F., 2020. Evaluation of yield and yield components of different faba bean (*Vicia faba* L.) varieties in intercropping with triticale (*Tritico secale*). Journal of Agroecology 12 (1): 143-159.

Introduction

Intercropping, i.e. growing two or more crops together on the same land at the same time. The intercropped legumes/cereal systems reduce inter-specific competition by enhancing complementarity/facilitation processes thereby improving the exploitation of environmental resources; on the other hand, it has led to improved crop production, which is due to greater efficiency in the intercropping system. Salehi et al. (2018) in intercropping of triticale with annual legumes reported that the highest plant height, number of spike per m^{-2}, spikelet number per spike, grain number per spike, grain and biological yield of triticale were obtained in the sole crops but the lowest economic yield of triticale was achieved from intercropping of triticale with vetch, respectively. The purpose of this study was to investigate the response of growth, yield and yield components for different fababean cultivars affected as in intercropping with triticale in order to achieve the most suitable combination in terms of maximum yield and land use efficiency in Urmia weather conditions.

Materials and Methods

In order to evaluate yield and yield components of different faba bean varieties in intercropping with triticale, a field experiment was conducted based on a randomized complete block design with thirteen treatments and three replications at the Research Farm of the Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, during the growing season of 2018. Treatments were included sole cropping of triticale, replacement intercropping of triticale with five-faba bean varieties (Mahta, Histal, Feyz, Barkat, Luzde otono and Shadan) in ratios 1:1. Triticale was harvested when spike turned brown and different faba bean varieties were harvested when the first pod of the plants fully matured. Field data were collected by cutting 10 plants randomly from each plot and yield component of each plant was considered as the average for each plot. Analysis of variance (ANOVA) was performed using SAS software; version 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) and significant differences between treatments were compared with the Duncan test at $P \leq 0.05$.

Results and Discussion

The results showed that the highest plant height, spike length, number of spike per m^{-2}, spikelet number per spike, grain number per spike, grain and biological yield, and chlorophyll a and b contents of triticale were obtained in the intercropping system. Also, the maximum nodule number, nodule dry weight, plant height, length pods, number of seeds per pod, 100- seed weight, seed and biological yield, and chlorophyll a and b contents of different faba bean varieties were achieved from intercropping and the lowest amounts of mentioned were recorded in the sole cropping of both plants, respectively. The higher seed yields of the intercropping systems compared to the sole cropping were probably due to the better use of environmental resources by balancing inter-specific and intra-specific interactions. The average chlorophyll content of both plants in the intercropping system was higher than the sole cropping. Increasing the chlorophyll content in the intercropping system was

1 and 2- MS.c. student of Agroecology, Associated Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran, respectively.
4- Assistant Professor, Department of Horticulture and Agronomy, Golestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gorgan, Iran.
(*- Corresponding Author Email: e.rezaeichiyaneh@utmia.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.81918

attributed to the better availability of nutrients, light, and water. However, the partial LER of faba bean was higher than triticale, indicating that the former was the dominant plant in intercropping patterns. In addition, the highest LER total was calculated for intercropping triticale with Feyz faba bean (2.2 units) and the lowest total LER (1.9) was computed to the triticale with Barkat faba bean hat represents an increased advantage in intercropping than sole cropping.

Conclusion

Our study showed that the productivity of different faba bean varieties in intercropping with triticale could be increased by environmental conditions. The maximum seed and biological yield of both plants were obtained at intercropping. The LER was higher than one in all intercropping treatments compared to sole cropping systems. According to the results, it seems that the use of the intercropping system is remarkably effective to increase the economic income and land-use efficiency.

Keywords: Chlorophyll, Grain yield, Land equivalent ratio, *Rhizobium* nodule, Sustainable agriculture

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 161-178

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۷۸-۱۶۱

واکنش گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenmum* Fisch. & C.A.Mey) به کودهای آلی و تراکم بوته

پرویز رضوانی مقدم [۱*]، جواد شباهنگ [۲]، اعظم لشگری [۲] و مهسا اقحوانی شجری [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۳/۱۸

رضوانی مقدم، پ.، شباهنگ، ج.، لشگری، ا. و اقحوانی شجری، م. ۱۳۹۹. واکنش گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenmum* Fisch. & C.A.Mey) به کودهای آلی و تراکم بوته. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۲ (۱): ۱۷۸-۱۶۱.

چکیده

بسیاری از گیاهان موجود در عرصه‌های طبیعی کشور ما ایران، از جمله گیاه دارویی گل‌گاوزبان (*Echium amoenum* Fisch. & C.A.Mey) از دیدگاه دارویی و اقتصادی از پتانسیل بالایی برخوردار هستند. به‌منظور شناخت بهتر پتانسیل‌های زراعی گیاه دارویی گاوزبان ایرانی در عرصه‌های زراعی آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سه سال زراعی ۱۳۹۱- ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، اجرا شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از اثر تلفیقی کودهای آلی در چهار سطح شامل: کود گاوی (۳۰ تن در هکتار)، کمپوست (۲۰ تن در هکتار)، ورمی‌کمپوست (پنج تن در هکتار) و شاهد (عدم مصرف کود) و تیمار تراکم بوته در چهار سطح (چهار، شش، هشت و ۱۰ بوته در مترمربع). با توجه به این‌که گیاه گاوزبان ایرانی در سال اول فقط دارای رشد رویشی است، نتایج به‌دست آمده از سال دوم و سوم آزمایش، حاکی از آن بود که تیمارهای مورد مطالعه اثر معنی‌داری بر تمامی صفات آزمایش همچون ارتفاع بوته، تعداد شاخه اصلی و فرعی، تعداد گل در بوته، و عملکرد تر و خشک گل داشت. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که با افزایش تراکم گیاه گل‌گاوزبان در مترمربع، عملکرد تر و خشک گیاه و تعداد گل در پنج گرم گل افزایش و تعداد شاخه اصلی و تعداد گل در بوته کاهش یافت. کاربرد کودهای آلی عملکرد تر و خشک گیاه، ارتفاع، تعداد شاخه فرعی و تعداد گل در بوته گیاه گل‌گاوزبان ایرانی را افزایش داد. به‌علاوه، بیشترین عملکرد تر و خشک گیاه، تعداد گل در پنج گرم گل، تعداد شاخه اصلی و تعداد گل در بوته در سال اول و بیشترین مقدار ارتفاع و تعداد شاخه فرعی در سال دوم مشاهده گردید. به‌طور کلی، به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی و استفاده از تراکم‌های مناسب جهت تولید گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی در عرصه‌های زراعی از فاکتورهای مهم در مدیریت زراعی این گیاه محسوب می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخه جانبی، عملکرد گل، کمپوست، کود دامی، ورمی‌کمپوست

مقدمه

گیاهان دارویی علاوه‌بر تأمین مصارف دارویی، یکی از منابع درآمدزای اکثر کشورهای دنیا می‌باشد، ازاین‌رو مطالعه جنبه‌های مختلف به‌زراعی گیاهان دارویی از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی (*Echium amoenum* Fisch. & C.A.Mey) یکی از گیاهان ارزشمند خانواده Boraginaceae می‌باشد که از دیرباز در طب سنتی ایران به‌عنوان آرامش‌بخش، مدر، کاهش‌دهنده تپش قلب، رفع عوارض زکام و سرماخوردگی مورد استفاده قرار گرفته است (Sayyah et al., 2009). نیاز روزافزون به فرآورده‌های دارویی این گیاه همراه با روند افزایش مصرف داخلی، صادرات و جلوگیری از نابودی این گیاه به‌علت برداشت بی‌رویه و غیراصولی آن از طبیعت، ضرورت کشت انبوه آن را ایجاب کرده است، در این راستا، انجام پژوهش‌های به‌زراعی از جمله اولین و مهم‌ترین

۱- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.
۲- دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email:rezvani@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.51343

اقدامات در زمینه حفظ این گیاه محسوب خواهد شد.

گل‌گاوزبان ایرانی از جمله گیاهان دارویی است که دارای ترکیبات مهمی در گل‌های خود می‌باشد که انجام تحقیقاتی در جهت افزایش کمّیت و کیفیت گل‌های تولیدی آن ضروری است. عموماً عوامل محیطی و عوامل مدیریتی مؤثر بر ساختار کانوپی، تأثیر قابل توجهی بر تولید گل در این گیاهان دارند. بنابراین برای کشت موفق هر گیاه دارویی از جمله گل‌گاوزبان ایرانی فراهم کردن شرایط بهینه محیطی مانند بهترین ترکیب کودی به‌منظور تأمین نیازهای تغذیه‌ای گیاه در اولویت است. افزودن مواد آلی از طریق منابع مختلف به خاک یکی از مرسوم‌ترین عملیات احیاء برای بهبود خصوصیات خاک است. نجف‌پور نوایی (Najafpur Navaei, 2002) با مطالعه تأثیر کودهای فسفر و نیتروژن را بر عملکرد بذر گل‌گاوزبان (*E. amoenum* Fisch. & C.A.Mey) گزارش کرد بیشترین عملکرد دانه (۹۲ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب در ۶۰ و ۲۰ کیلوگرم فسفر و نیتروژن در هکتار حاصل شد. هم‌چنین بذر این گیاه تا شوری ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر قادر به جوانه‌زنی است، امّا با افزایش غلظت نمک از درصد جوانه‌زنی آن کاسته می‌شود و میزان جوانه‌زنی در ۱۰۰ میلی‌مول در لیتر شوری تا ۵۰ درصد کاهش می‌یابد (Moazen et al., 2005). نتایج تحقیق اکبری‌نیا و همکاران (Akbarinia et al., 2006) روی تأثیر دورهای مختلف آبیاری بر عملکرد گل گیاه گل‌گاوزبان نشان داد که بیشترین عملکرد گل این گیاه مربوط به تیمار دور آبیاری هفت روز یک‌بار و در سال دوم بود. حسین و همکاران (Hussien et al., 2006) گزارش کردند تیمارهای کمپوست به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ، ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، وزن تر، وزن خشک و عملکرد روغن گیاه *Dracocephalum moldavica* L. شدند. در بررسی که روی اثر کاربرد کودهای آلی بر گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) انجام گرفت، مشاهده شد که عملکرد آن در کشت ارگانیک حدود ۸۰ درصد عملکرد حاصل از کشت رایج بود (Kalra, 2003).

مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی، مشکلات بی‌شماری از قبیل تغییر ساختمان خاک، کاهش نفوذپذیری آب در خاک، آلودگی آب‌های زیرزمینی، تجمع نیترات، سمیت عناصر سنگین و کاهش حاصلخیزی خاک را در پی دارد (Ghost & Bhat, 1998; Tabrizi et al., 2009). از این‌رو، مواد آلی به‌علت اثرات مفیدی که بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی، زیستی و حاصلخیزی خاک دارند، یکی از ارکان مهم باروری خاک محسوب می‌شوند، این در حالی است که متأسفانه بیش از ۶۰ درصد خاک‌های ایران دارای کمتر از یک درصد ماده آلی هستند (Ebhin Masto et al., 2006; Karimi Zarchi & Kalbasi, 1999).

بنابراین از آن‌جایی‌که مدیریت تغذیه گیاهی در جهت افزایش، پایداری تولید و حفظ محیط زیست می‌باشد، و از طرفی به‌دلیل این‌که تقریباً هیچ‌گونه اطلاعاتی در خصوص تأثیر کودهای آلی بر گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی در منابع داخلی و خارجی وجود ندارد و عمده اطلاعات مربوط به گل‌گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) می‌باشد، لذا تعیین بهترین نوع کود و تراکم کشت در تولید گل در این گیاه اهمیت بسزایی دارد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی واقع در ۱۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا) در سه سال زراعی۱۳۹۱– ۱۳۸۸ به‌اجرا درآمد. قبل از اجرای آزمایش نمونه‌گیری از خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری انجام شد و همراه با کودهای آلی مورد تجزیه فیزیکوشیمیایی قرار گرفت که نتایج حاصل از آن در جدول ۱ و ۲ آمده است.

تیمارهای آزمایشی شامل کود گاوی به‌میزان ۳۰ تن در هکتار، کمپوست ۲۰ تن در هکتار و ورمی‌کمپوست پنج تن در هکتار و شاهد (عدم مصرف کود) که تنها در سال اول اعمال شد و تیمار تراکم (چهار، شش، هشت و ۱۰ بوته در مترمربع) بود.

برای این منظور در هر کرت تعداد شش ردیف کاشت با فواصل ۵۰ سانتی‌متر، با ابعاد ۳×۴ متر انتخاب شد. فاصله روی ردیف برای تیمارهای با تراکم چهار، شش، هشت و ۱۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب ۵۰، ۳۳، ۲۵ و ۱۰ سانتی‌متر بود. در فروردین ماه ۱۳۸۹ آماده‌سازی بستر با انجام شخم و تسطیح زمین صورت گرفت و تیمارهای کودی با خاک مخلوط شد. عملیات کشت با تراکم چهار، شش، هشت و ۱۰ بوته در مترمربع و در هفته اول اردیبهشت ماه ۱۳۸۹ انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

بافت Texture	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم P (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)
لومی Loam	0.59	0.063	13.2	135	7.24	3.21

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی کودهای گاوی، ورمی‌کمپوست و کمپوست

Table 2- Results of chemical analysis of manure, vermicompost and compost fertilizers

نوع کود آلی Type of organic fertilizer	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر P (ppm)	پتاسیم P (ppm)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)
کود گاوی Cow manure	0.57	0.09	1.1	6.8	6.1
ورمی‌کمپوست Vermicompost	1.3	1.3	1.2	6.9	5
کمپوست Compost	1.3	1.1	1.1	7.5	8.1

عملیات آبیاری هر هفت روز یک‌بار انجام شد. در طول فصل رشد سال ۱۳۸۹، گیاهان تولید ساقه خفیفی کردند و تمام فصل را به‌صورت روزت سپری کردند. در طول فصل رشد وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی در چهار نوبت به فاصله هر چهار هفته صورت گرفت. با فرا رسیدن پاییز و زمستان بخش‌های هوایی گیاه خشک شدند و در اوایل اسفند ماه ۱۳۸۹ با افزایش دمای محیطی مجدداً برگ‌های گیاه از محل طوقه گیاه شروع به ظاهر شدن کردند. گل‌دهی گیاه گل‌گاوزبان ایرانی در سال دوم ۱۲ ماه پس از کشت و در ۲۵ فروردین ۱۳۹۰ آغاز شد و طول دوره گل‌دهی یک ماه به طول انجامید. عملیات برداشت گل‌ها در چهار مرحله به‌فاصله هر هفت روز انجام شد.

شکل ۱- میانگین درجه حرارت ماهانه طی فصل رشد گیاه گل‌گاوزبان در سه سال زراعی

Fig. 1- Average of monthly temperature during growing season of *Echium amoenum* for three years

شکل ۲- میانگین بارندگی ماهانه طی فصل رشد گیاه گل‌گاوزبان در سه سال زراعی

Fig. 2- Mean of monthly precipitation during growing season of *Echium amoenum* for three years

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد مورد مطالعه گیاه گل‌گاوزبان ایرانی تحت تأثیر تیمارهای مختلف

Table 3- Analysis of variance (mean squares) for fresh and dry flower yields and number of flower of *Echium amoenum* under different treatments

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	عملکرد تر گل Fresh flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک گل Dry flower yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل در پنج گرم گل Number of flower in 5 g of flower
تکرار Replicate	2	95182604^{**}	2464037^{**}	190.82^{ns}
تیمار (کود × تراکم) Treatment	15	1234033325^{**}	23867105^{**}	414.11^{**}
تکرار × تیمار Replicate × Treatment	30	13845614^{ns}	265355^{ns}	57.93^{ns}
سال برداشت Harvest year	1	111864267^{**}	17051361^{**}	20416^{**}
سال × تیمار Harvest × Fertilizer	15	29160337^{**}	1224643^{**}	154.68^{**}
سال × تکرار Density × Fertilizer	2	12985421^{ns}	109472^{ns}	51.94^{ns}
خطا Error	30	9688274	177503	59.30
ضریب تغییرات CV (%)	-	8	8	2

–**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری.

–**, * and ns: significantly in 1% and 5% levels and not significantly, respectively.

گل‌دهی گیاه در سال سوم در ۱۵ اردیبهشت ماه ۱۳۹۱ شروع شد و عملیات برداشت گل‌ها در پنج مرحله به‌فاصله هر پنج روز صورت گرفت. در هر مرحله برداشت، عملکرد تر گل، عملکرد خشک گل و تعداد گل در پنج گرم گل تعیین شد. بعد از برداشت گل‌ها، تعداد سه بوته به‌طور تصادفی علامت‌گذاری و ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های اصلی و جانبی و تعداد گل در بوته ثبت شد. لازم به ذکر است که تنها عملیات اعمال شده در سال‌های مختلف، تنها وجین علف‌های هرز و آبیاری بود.

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 در قالب طرح اسپلیت‌پلات در زمان بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی تجزیه شدند.

مقایسه میانگین با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

عملکرد تر و خشک گل

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی و اثر سال بر عملکرد تر و خشک گیاه گل‌گاوزبان ایرانی بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد حداکثر عملکرد تر گیاه به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰ بوته در مترمربع× کود ورمی‌کمپوست (۶۰۶۷۱ کیلوگرم در هکتار) و بعد از آن در تیمار ۱۰ بوته در مترمربع × کود گاوی (۵۹۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. هم‌چنین بیشترین مقدار عملکرد خشک این گیاه به‌ترتیب در تیمارهای ۱۰ بوته در مترمربع× کود گاوی (۸۳۱۷ کیلوگرم در هکتار) و ۱۰ بوته در مترمربع× کود ورمی‌کمپوست (۸۱۹۲ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. با افزایش تراکم بوته در مترمربع عملکرد تر و خشک گیاه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که مقدار این صفات در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به‌طور متوسط ۶۳/۵ درصد بیشتر از تراکم چهار بوته در مترمربع بود. نتایج نشان داد کاربرد کودهای آلی در تراکم‌های شش و هشت و بوته در مترمربع تا حدود ۱۳ درصد میزان عملکرد خشک و تر گل‌گاوزبان ایرانی را افزایش داد و در تراکم‌های چهار و هشت بوته در مترمربع به‌میزان ۱۶ درصد کاهش داد (جدول ۴). از طرفی، بیشترین عملکرد تر و خشک این گیاه دارویی در سال اول برداشت به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که عملکرد این صفات در سال اول به‌طور متوسط ۱۱ درصد بیشتر از سال دوم برداشت بود (جدول ۵). نتایج اثر متقابل بیانگر حصول حداکثر عملکرد تر و خشک به‌ترتیب در تیمار ۱۰ بوته در مترمربع× ورمی‌کمپوست در سال اول (۶۲۶۷۲ کیلوگرم در هکتار) و همان تیمار در سال دوم (۸۳۸۱ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول ۶).

با توجه به این‌که گل‌گاوزبان گیاهی با رشد نامحدود است، تنظیم تراکم مناسب مخصوصاً در طی دوره رشد زایشی از اهمیت زیادی برخوردار است. افزایش تراکم طی این دوره باعث می‌شود گیاه منابع (فضا، آب و مواد غذایی) کمتری جهت افزایش بیش از حد رشد رویشی در اختیار داشته و در نتیجه، توازن مناسب میان رشد رویشی و زایشی برقرار شده و گیاه شاخه‌های گل‌دهنده بیشتری تولید کند و به افزایش عملکرد گل منجر شود. همان‌طور که اشاره شد با افزایش تراکم تا ۱۰ بوته در مترمربع عملکرد گل افزایش یافت. عامری و نصیری (Ameri & Nassiri Mahallati, 2009) نیز نتایج مشابهی را در مورد گیاه همیشه‌بهار (Calendula officinalis L.) گزارش کردند. در آزمایش دیگری روی گیاه همیشه بهار، گزارش شد که کاهش تراکم، عملکرد گل را کاهش داد (Martin & Deo, 2000). این موضوع نشان‌دهنده این مطلب است که با وجود این‌که گاوزبان گیاهی با رشد نامحدود است و توان بالایی در شاخه‌دهی دارد، امّا در تراکم‌های پایین، تولید شاخه بیشتر قادر به جبران کم بودن تعداد بوته در واحد سطح نیست. البته در مواردی گزارش شده است که تراکم زیاد باعث تأخیر شروع مرحله گل‌دهی گیاه و کاهش اندازه گل‌ها در گیاهی مانند همیشه‌بهار می‌شود (Zhukova et al., 1996). در پژوهش دیگری نیز روی گیاه همیشه بهار دریافتند که افزایش تراکم گیاه باعث کاهش عملکرد تر و خشک گیاه گردید (Rahmani et al., 2009).

تعداد گل در پنج گرم گل

با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد تیمارهای مختلف در سال‌های مختلف برداشت اثر معنی‌داری بر صفت تعداد گل در پنج گرم گل داشت (جدول ۳). با توجه به نتایج مشاهده شد که بیشترین تعداد گل در پنج گرم گل به‌ترتیب در تیمارهای شش بوته در مترمربع× ورمی‌کمپوست (۳۹۷)، هشت بوته در مترمربع × گاوی (۳۹۶) و شش بوته در مترمربع× شاهد (۳۹۶) و کمترین آن در تیمار چهار بوته در مترمربع× ورمی‌کمپوست (۳۷۴) به‌دست آمد. نتایج حاکی از آن بود که تعداد گل در پنج گرم گل به تراکم‌های بالا، پاسخ مثبتی نشان داد (جدول ۴)؛ که این نتایج مطابق با نتایج پژوهشی بر روی گیاه همیشه‌بهار بود؛ به‌طوری‌که با افزایش تراکم گیاهی، اندازه گیاه کاهش و تعداد گل در واحد سطح افزایش یافت (Ameri & Nassir, 2009).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی تحت تأثیر تیمارهای مختلف

Table 4- Results of mean comparisons for some indices of *Echium amoenum* under different plant treatments

تیمار Treatments	عملکرد تر گل Fresh flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک گل Dry flower yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل در پنج گرم گل Number of flower in 5 g of flower
چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plants.m^{-2} × Control	19784^{h*}	2934^{h}	390^{ab}
چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plants.m^{-2} × Cow manure	14755^{i}	2329^{i}	376^{cd}
چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2} × compost	27957^{f}	4184^{g}	379^{cd}
چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2} × Vermicompost	15506^{i}	2094^{i}	374^{d}
شش بوته در مترمربع × شاهد Six plants.m^{-2} × Control	29202f	4764^{f}	396a
شش بوته در مترمربع × گاوی Six plants.m^{-2} × Cow manure	25823^{fg}	3963^{g}	392^{ab}
شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plants.m^{-2} × compost	41394^{d}	5735^{e}	379^{dc}
شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plants.m^{-2} × Vermicompost	33808^{e}	5212^{f}	397^{a}
هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plants.m^{-2} × Control	46354^{bc}	6927^{c}	378^{cd}
هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plants.m^{-2} × Cow manure	29339^{f}	4051^{g}	396^{a}
هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plants.m^{-2} × compost	24616^{g}	3656^{g}	386^{bc}
هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plants.m^{-2} × Vermicompost	43514^{cd}	6395^{d}	375^{d}
۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plants.m^{-2} × Control	48112^{b}	6536^{cd}	377^{cd}
۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plants.m^{-2} × Cow manure	59486^{a}	8317^{a}	378^{cd}
۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plants.m^{-2} × compost	44135^{cd}	7448^{b}	390^{ab}
۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plants.m^{-2} × Vermicompost	60671^{a}	8192^{a}	383^{cd}

* در هرستون و برای هر سال میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

جدول ٥- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی تحت تأثیر سال‌های مختلف

Table 5- Results of mean comparisons for some indices of *Echium amoenum* under different years

تیمار Treatments	عملکرد تر گل Fresh flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک گل Dry flower yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل در پنج گرم گل Number of flower in 5 g of flower
سال اول First year	36357^{a*}	5593^{a}	399^{a}
سال دوم Second year	34199^{b}	4750^{b}	370^{b}

* در هرستون و برای هر سال میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

جدول ٦- اثرات متقابل تیمارها در سال‌های مختلف بر برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان

Table 6- Results of interaction effects of treatments in different years on some of indices of *Echium amoenum*

	تیمار Treatments	عملکرد تر گل Fresh flower yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد خشک گل Dry flower yield ($kg.ha^{-1}$)	تعداد گل در پنج گرم گل Number of flower in 5 g flower
سال اول	چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plant.m^{-2}× Control	19819^{jkl*}	3025^{lmn}	411^{abc}
	چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plant.m^{-2}× Cow manure	14068^{l}	2636^{m-p}	387^{e-i}
	چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2}× compost	2920^{lhi}	4864^{hi}	399^{b-e}
	چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2} × Vermicompost	13902^{l}	1861^{p}	381^{g-l}
	شش بوته در مترمربع × شاهد Six plant.m^{-2}× Control	29285^{hi}	5609^{gh}	416^{a}
	شش بوته در مترمربع × گاوی Six plant.m^{-2}× Cow manure	31049^{gh}	5119^{hi}	412^{ab}
	شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plant.m^{-2}× compost	45675^{bcd}	6468^{def}	385^{e-i}
	شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plant.m^{-2}× Vermicompost	35650^{fg}	5959^{fg}	409^{abc}
	هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plant.m^{-2}× Control	50717^{b}	7485^{bc}	385^{f-j}
	هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plant.m^{-2}× Cow manure	26889hi	4573ij	410abc
	هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plant.m^{-2}× compost	23714^{ij}	3875^{jk}	402^{a-d}
	هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plant.m^{-2}× Vermicompost	46199^{bcd}	7191^{cd}	393^{d-g}
	۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plant.m^{-2} × Control	48216^{bc}	6220^{efg}	391^{d-h}
	۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plant.m^{-2} × Cow manure	60384^{a}	8287^{ab}	397^{c-f}
	۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plant.m^{-2}× compost	44287^{cd}	8307^{ab}	405^{a-d}
	۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plant.m^{-2} × Vermicompost	62672^{a}	8003^{ab}	399^{b-e}
سال دوم	چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plant.m^{-2} × Control	19749^{jkl}	2843^{l-o}	369^{k-p}
	چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plant.m^{-2}× Cow manure	15443^{kl}	2023^{op}	366^{l-p}
	چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2}× compost	26713^{hi}	3504^{kl}	358^{op}
	چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2} × Vermicompost	17110^{kl}	2328^{nop}	367^{l-p}
	شش بوته در مترمربع × شاهد Six plant.m^{-2}× Control	29119^{hi}	3918^{jk}	377^{h-m}

شش بوته در مترمربع × گاوی Six plant.m^{-2}× Cow manure	20597^{jk}	2808^{l-o}	373^{i-n}
شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plant.m^{-2}× compost	37112^{efg}	5001^{hi}	373^{i-n}
شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plant.m^{-2}× Vermicompost	31966^{gh}	4465^{ij}	385^{f-j}
هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plant.m^{-2}× Control	41991^{cde}	6369^{d-g}	372^{i-o}
هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plant.m^{-2} × Cow manure	31789^{gh}	3530^{kl}	383^{f-k}
هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plant.m^{-2} × compost	25518^{hij}	3438^{klm}	370^{j-p}
هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plant.m^{-2} × Vermicompost	40829^{def}	5600^{gh}	357^{p}
۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plant.m^{-2} × Control	48009^{bc}	6853^{cde}	363^{m-p}
۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plant.m^{-2} × Cow manure	58587^{a}	8346^{a}	359^{nop}
۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plant.m^{-2} × compost	43982^{cd}	6589^{def}	376^{i-m}
۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plant.m^{-2} × Vermicompost	58670^{a}	8381^{a}	368^{l-p}

– * در هرستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

– * Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

به‌طور کلی، مصرف کودهای آلی تاثیری در افزایش تعداد گل در پنج گرم گل نشان نداد و تفاوت قابل ملاحظه‌ای با تیمارهای شاهد مشاهده نشد (جدول ۴). با توجه به این‌که تعداد شاخه اصلی در سال اول بیشتر است، لذا منجر به تعداد گل بیشتر در سال اول (۳۹۹) در مقایسه با سال دوم شد؛ به‌طوری‌که مقدار آن هشت درصد در مقایسه با سال دوم بیشتر بود (جدول ۵). نتایج اثرات متقابل حاکی از آن بود که بیشترین میزان این صفت در سال اول در تیمار شش بوته در مترمربع × شاهد (۴۱۶) و کمترین آن در تیمار هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست در سال دوم (۳۵۷) مشاهده گردید (جدول ۶).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر معنی‌دار تمامی تیمارهای مورد آزمایش در گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی در سال‌های مورد مطالعه بود (جدول ۷).

نتایج بیانگر برتری تیمار شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست (۹۵/۶ سانتی‌متر) از نظر صفت ارتفاع گیاه گل‌گاوزبان ایرانی در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی بود و کمترین آن در تیمار هشت بوته در مترمربع × شاهد (۶۶/۸ سانتی‌متر) به‌دست آمد. تراکم شش بوته در مترمربع باعث افزایش هشت درصدی ارتفاع این گیاه دارویی در مقایسه با سایر تراکم‌ها گردید. کاربرد کودهای آلی حاکی از اثر مثبت آن بر ارتفاع گیاه مورد نظر در تراکم‌های شش و هشت بوته در مترمربع (به‌طور متوسط هفت درصد) در مقایسه با شاهد بود، درحالی‌که کاربرد کودهای آلی در تراکم‌های چهار و ۱۰ بوته در مترمربع به‌طور متوسط باعث کاهش دو درصدی ارتفاع بوته گردید (جدول ۸). رشد گیاه در سال دوم موجب بیشترین ارتفاع گیاه نسبت به سال اول شد؛ به‌طوری‌که اختلاف بین این دو سال ۱۰ درصد بود (جدول ۹). با توجه به نتایج اثرات متقابل حداکثر این صفت در سال دوم در تیمار شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست (۱۰۹ سانتی‌متر) و حداقل آن در سال اول در تیمار شش بوته در مترمربع × گاوی (۶۱/۱ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۱۰).

جدول ۷- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی شاخص‌های مورد مطالعه گیاه گل‌گاوزبان ایرانی تحت تأثیر تیمارهای مختلف
Table 7- Analysis of variance (mean squares) of some indices of *Echium amoenum* under different treatments

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	تعداد شاخه اصلی No. main branch	تعداد شاخه فرعی No. Lateral branch	تعداد گل در بوته No. flower per plant
تکرار Replicate	2	2.37^{ns}	0.96^{ns}	19722^{**}	757743^{ns}
تیمار (کود × تراکم) Treatment	15	264^{**}	1213^{**}	868^{**}	119767245^{**}
تیمار×تکرار Replicate× Treatment	30	34.17^{ns}	73.82^{ns}	41.77^{ns}	12738646^{ns}
سال برداشت Harvest year	1	1504^{**}	724^{**}	19722^{**}	14995725305^{**}
سال × تیمار Harvest× Fertilizer	15	194^{**}	1003^{**}	920.57^{**}	111259972^{**}
سال × تکرار Density× Fertilizer	2	40.54^{ns}	36.21^{ns}	135^{ns}	1601141^{ns}
خطا Error	30	31.56	79.14	47.54	12716811
ضریب تغییرات CV (%)	-	7	19	18	23

–**، * و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری
–**, * and ns: significantly in 1% and 5% levels and not significantly, respectively.

برخی از پژوهش‌ها حاکی از افزایش ارتفاع بوته در گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) و اسفرزه (*Plantago ovata* Forskal) در اثر مصرف کود گاوی بود (Khandan et al., 2006; Rezvani Moghaddam et al., 2010)؛ با این وجود، نتایج مطالعات یزدانی بیوکی و همکاران (Yazdani Biuki et al., 2010) حاکی از آن بود که مصرف منابع کودهای آلی، شیمیایی و بیولوژیک بر ارتفاع بوته گیاه ماریتیغال (Silybum marianum L.) تفاوت معنی‌داری را ایجاد نکرد. هم‌چنین استفاده از کودهای دامی بر ارتفاع بوته گیاه دارویی اسفرزه اثر معنی‌داری نداشت (Koocheki et al., 2004). رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2009) بیان کردند که افزایش تراکم بیش از حد مطلوب، رشد طولی گیاه را افزایش داده و درنتیجه، ایجاد رقابت بین گیاهان به‌منظور دریافت نور، رشد طولی آن‌ها افزایش می‌یابد. در پژوهش دیگری روی گیاه کنجد، مشاهده شد که با افزایش تراکم بوته، ارتفاع بوته کنجد کاهش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2010).

تعداد شاخه اصلی و فرعی

نتایج بیانگر اثر معنی‌دار تمامی تیمارهای مورد مطالعه در هر دو سال برداشت بر تعداد شاخه اصلی گیاه گل‌گاوزبان ایرانی بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که بیشترین تعداد شاخه اصلی در تیمار چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست (۷۰/۳) و کمترین آن در تیمار شش بوته در مترمربع × گاوی (۲۷/۳) مشاهده گردید. کاربرد تیمارهای تغذیه‌ای باعث بهبود تعداد شاخه اصلی در مقایسه با شاهد در بین تمامی تیمارهای آزمایشی گردید؛ که در این بین تیمار کود آلی ورمی‌کمپوست اثر به‌مراتب بهتری نسبت به سایر تیمارهای تغذیه‌ای داشت. نتایج نشان داد که افزایش تراکم از چهار بوته به ۱۰ بوته در مترمربع، تعداد شاخه اصلی در گیاه گاوزبان را کاهش داد (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان تحت تأثیر تیمارهای مختلف

Table 8- Results of mean comparisons of some indices of *Echium amoenum* under different treatments

منابع تغییرات S.O.V.	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه اصلی No. main branch	تعداد شاخه فرعی No. lateral branch	تعداد گل در بوته No. flower per plant
چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plant.m^{-2}× Control	76.3^{bcde}*	30.33^{fgh}	24.5^{ij}	11540^{d}
چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plant.m^{-2}× Cow manure	75.1^{cd}e	29.0^{gh}	31.8^{f-i}	11433^{d}
چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2}× compost	81b^{c}	64.6^{a}	66.3^{a}	23909^{a}
چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2}× Vermicompost	70.5^{def}	70.3^{a}	29.8^{g-j}	20857^{ab}
شش بوته در مترمربع × شاهد Six plant.m^{-2}× Control	74.6^{cde}	44.3^{cde}	44.6^{cd}	15038^{cd}
شش بوته در مترمربع × گاوی Six plant.m^{-2}× Cow manure	76^{b-e}	27.3^{h}	27.6^{hij}	12081^{d}
شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plant.m^{-2}× compost	75^{b-e}	67.1^{a}	41.0^{cde}	24316^{a}
شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plant.m^{-2}× Vermicompost	95.6^{a}	59.6^{ab}	36.8^{d-g}	10763^{d}
هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plant.m^{-2}× Control	66.8^{f}	31.6^{fgh}	40.0^{def}	11877^{d}
هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plant.m^{-2}× Cow manure	71.6^{def}	41.5^{c-f}	40.6^{c-f}	11752^{d}
هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plant.m^{-2}× compost	73.5^{c-f}	36.5^{d-h}	34.6^{e-h}	11140^{d}
هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plant.m^{-2}× Vermicompost	75^{b-e}	52^{bc}	55.8^{b}	17074^{bc}
۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plant.m^{-2}× Control	77^{bcd}	38.1^{d-h}	21.1^{j}	13976^{cd}
۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plant.m^{-2} × Cow manure	69.0^{ef}	46.1^{cd}	30.1^{g-j}	17013^{bc}
۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plant.m^{-2} × compost	73.5^{c-f}	33.5^{e-h}	49.1^{bc}	13284^{cd}
۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plant.m^{-2} × Vermicompost	83.0^{b}	39.6^{d-g}	27.3^{hij}	14495^{cd}

* در هرستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان ایرانی تحت تأثیر سال‌های مختلف

Table 9- Results of mean comparisons for some indices of *Echium amoenum* under different years

تیمار Treatments	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه اصلی No. main branch	تعداد شاخه فرعی No. lateral branch	تعداد گل در بوته No. flower per plant
سال اول First year	72.0^{b}*	68.9^{a}	23.2^{b}	27532^{a}
سال دوم Second year	79.9^{a}	20.0^{b}	51.9^{a}	2536^{b}

* در هرستون و برای هر سال میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

جدول ۱۰- اثرات متقابل تیمارها در سال‌های مختلف بر برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان

Table 10- Results of interaction effects of treatments in different years on some of indices of *Echium amoenum* in the first year

	تیمار Treatments	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه اصلی No. main branch	تعداد شاخه فرعی No. lateral branch	تعداد گل در بوته No. flower per plant
سال اول	چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plant.m^{-2} × Control	73.3^{f-k*}	44.3^{ghi}	19.0^{jk}	21248^{de}
	چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plant.m^{-2}× Cow manure	73.3^{f-k}	44.0^{ghi}	15.3^{k}	20383^{e}
	چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2}× compost	82.3^{b-g}	100^{b}	34.3^{gh}	42028^{a}
	چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2}× Vermicompost	71.0^{g-l}	122^{a}	19.3^{jk}	40848^{a}
	شش بوته در مترمربع × شاهد Six plant.m^{-2}× Control	66.3^{jkl}	67.3^{cde}	21.0^{h-k}	27267^{bcd}
	شش بوته در مترمربع × گاوی Six plant.m^{-2}× Cow manure	61.0^{l}	43.3^{g-j}	30.0^{g-j}	22691^{de}
	شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plant.m^{-2}× compost	66.3^{jkl}	116^{a}	34.0^{gh}	46857^{a}
	شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plant.m^{-2}× Vermicompost	82.3^{b-g}	98.0^{b}	33.3^{ghi}	20446^{e}
	هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plant.m^{-2}× Control	65.6^{jkl}	49.0^{fgh}	18.0^{jk}	21110^{de}
	هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plant.m^{-2}× Cow manure	71.0^{g-l}	55.0^{efg}	23.3^{h-k}	21459^{de}
	هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plant.m^{-2}× compost	68.6^{h-l}	48.6^{fgh}	14.3^{k}	20187^{e}
	هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plant.m^{-2}× Vermicompost	76.3^{c-k}	71.0^{cd}	20.3^{ijk}	29525^{bc}
	۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plant.m^{-2}× Control	68.0^{i-l}	56.3^{d-g}	21.0^{h-k}	24112^{cde}
	۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plant.m^{-2} × Cow manure	73.0^{f-k}	78.3^{c}	30.3^{g-j}	33076^{b}
	۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plant.m^{-2}× compost	75.0^{f-k}	47.0^{fgh}	17.0^{jk}	22834^{de}
	۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plant.m^{-2}× Vermicompost	79.0^{c-i}	62.3^{def}	21.6^{h-k}	26449^{cd}
سال دوم	چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plant.m^{-2}× Control	79.3^{c-i}	16.3^{lm}	30.0^{g-j}	1831^{f}
	چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plant.m^{-2}× Cow manure	77.0^{c-j}	14.0^{lm}	48.3^{ef}	2484^{f}
	چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2}× compost	80.0^{c-h}	29.3^{i-l}	98.3^{a}	5790^{f}
	چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2}× Vermicompost	70.0^{h-l}	18.3^{klm}	40.3^{fg}	866^{f}
	شش بوته در مترمربع × شاهد Six plant.m^{-2}× Control	83.0^{b-f}	21.3^{klm}	68.3^{c}	2809^{f}
	شش بوته در مترمربع × گاوی Six plant.m^{-2}× Cow manure	92.3^{b}	11.3^{m}	25.3^{h-k}	1472^{f}
	شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plant.m^{-2}× compost	85.3^{b-e}	18.3^{klm}	48.0^{ef}	1776^{f}
	شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plant.m^{-2}× Vermicompost	109^{a}	21.3^{klm}	40.3^{fg}	1080^{f}
	هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plant.m^{-2}× Control	68.0^{i-l}	14.3^{lm}	62.0^{cd}	2644^{f}

هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plant.m^{-2}× Cow manure	72.3^{f-k}	28.0^{j-m}	58.0^{cde}	2044^{f}
هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plant.m^{-2}× compost	78.3^{c-i}	24.3^{klm}	55.0^{de}	2092^{f}
هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plant.m^{-2}× Vermicompost	74.6^{e-k}	33.0^{h-k}	91.3^{ab}	4624^{f}
۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plant.m^{-2} × Control	86.0^{bcd}	20.0^{klm}	21.3^{h-k}	3840^{f}
۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plant.m^{-2}× Cow manure	65.0^{kl}	14.0^{lm}	30.0^{g-j}	949^{f}
۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plant.m^{-2}× compost	72.0^{f-l}	20.0^{klm}	81.3^{b}	3734^{f}
۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plant.m^{-2}× Vermicompost	87.0^{bc}	17.0^{klm}	33.0^{ghi}	2541^{f}

– * در هرستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

– * Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

جدول ۱۱- اثرات متقابل تیمارها در سال‌های مختلف بر برخی شاخص‌های گیاه دارویی گل‌گاوزبان

Table 11- Results of interaction effects of treatments in different years on some of indices of *Echium amoenum* in second year

تیمار Treatments	ارتفاع Height (cm)	تعداد شاخه اصلی No. main branch	تعداد شاخه فرعی No. Lateral branch	تعداد گل در بوته No. flower per plant
چهار بوته در مترمربع × شاهد Four plant.m^{-2}× Control	79^{de}	16^{fg}	30^{ji}	1831^{e}
چهار بوته در مترمربع × گاوی Four plant.m^{-2}× Cow manure	77^{ef}	14^{h}	48^{g}	2483^{d}
چهار بوته در مترمربع × کمپوست Four plant.m^{-2}× compost	80^{de}	29^{b}	98^{a}	5790^{a}
چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Four plant.m^{-2}× Vermicompost	70^{hi}	18^{ef}	40^{h}	866^{g}
شش بوته در مترمربع × شاهد Six plant.m^{-2}× Control	83^{cd}	11^{i}	68^{d}	2809^{d}
شش بوته در مترمربع × گاوی Six plant.m^{-2}× Cow manure	92^{b}	43^{i}	25^{jk}	1472^{f}
شش بوته در مترمربع × کمپوست Six plant.m^{-2}× compost	85^{c}	18^{ef}	48^{g}	1776^{ef}
شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Six plant.m^{-2}× Vermicompost	109^{a}	21^{d}	40^{h}	1080^{g}
هشت بوته در مترمربع × شاهد Eight plant.m^{-2}× Control	68^{ji}	14^{gh}	62^{e}	21110^{gh}
هشت بوته در مترمربع × گاوی Eight plant.m^{-2}× Cow manure	72^{gh}	28^{b}	58e^{f}	2044^{e}
هشت بوته در مترمربع × کمپوست Eight plant.m^{-2}× compost	78^{ef}	24^{c}	55^{f}	2092^{e}
هشت بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Eight plant.m^{-2}× Vermicompost	74^{fg}	33^{a}	91^{b}	29525^{d}
۱۰ بوته در مترمربع × شاهد Ten plant.m^{-2} × Control	86^{c}	20^{de}	21^{k}	3839^{c}
۱۰ بوته در مترمربع × گاوی Ten plant.m^{-2} × Cow manure	65^{j}	14^{h}	30^{ij}	949^{g}
۱۰ بوته در مترمربع × کمپوست Ten plant.m^{-2} × compost	72^{gh}	20^{de}	81^{c}	3734^{c}
۱۰ بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست Ten plant.m^{-2} × Vermicompost	87^{c}	17^{f}	33^{i}	2541^{d}

– * در هرستون تیمارهای دارای حداقل یک حرف مشترک در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

– * Similar letter in each column indicate no significant difference in 5% level.

تعداد شاخه اصلی در گیاه مورد مطالعه در سال اول بیشترین تعداد (۶۸/۹) بود؛ به‌طوری‌که تعداد آن حدود ۳/۵ برابر تعداد آن در سال دوم بود (جدول ۹). نتایج اثر متقابل بین تیمارها و سال‌های برداشت نشان‌دهنده حداکثر تعداد این صفت در سال اول و در تیمار چهار بوته در مترمربع × کمپوست (۱۰۰) بود (جدول ۱۰).

نتایج آنالیز واریانس حاکی از اثر مثبت تیمارها و سال‌های برداشت بر تعداد شاخه فرعی گیاه گاوزبان ایرانی بود (جدول ۷). حداکثر و حداقل تعداد شاخه فرعی گیاه مورد مطالعه به‌ترتیب با کاربرد تیمار چهار بوته در مترمربع × کود گاوی (۶۶/۳) و تیمار ۱۰ بوته در مترمربع × شاهد (۲۱/۱) به‌دست آمد. بیشترین تعداد شاخه فرعی در تراکم هشت بوته در مترمربع و کمترین آن در تراکم ۱۰ بوته در مترمربع به‌دست آمد؛ به‌صورتی‌که اختلاف بین این دو تیمار ۲۶ درصد بود. به‌طور کلی، مصرف تیمارهای کودی به‌طور متوسط باعث افزایش ۲۲/۵ درصد تعداد شاخه فرعی در مقایسه با شاهد شد (جدول ۸). حداکثر شاخص مورد نظر در سال دوم برداشت (۵۲ شاخه) حدوداً ۲/۵ برابر تعداد شاخه فرعی در سال اول بود (جدول ۹).

نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین تعداد شاخه اصلی و فرعی در تراکم‌های پایین گیاه مشاهده شده است. این نتایج مطابق با نتایج پژوهشی روی گل همیشه بهار بود؛ چنان‌که حداکثر تعداد شاخه‌ها در تراکم‌های پایین (۲۰ و ۳۰ بوته در مترمربع) به‌دست آمد (Rahmani et al., 2009). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) کاهش تعداد شاخه جانبی گیاه کنجد را در صورت افزایش تراکم بوته گزارش کردند، به‌طوری‌که علت آن را این‌طور بیان کردند که، افزایش تراکم بوته گیاه کنجد، باعث ایجاد رقابت بین بوته‌ها برای کسب نور، آب و مواد غذایی شده و در گیاه حالت خودتنکی اتفاق افتاده و گیاه با کاهش تعداد شاخه‌های جانبی خود، با کمبود منابع مقابله می‌کند. در همان آزمایش، مصرف کودهای گاوی، شیمیایی و کمپوست اثر مثبتی را بر تعداد شاخه فرعی در گیاه کنجد در مقایسه با شاهد نشان داد.

تعداد گل در بوته

نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت و معنی‌دار تمامی تیمارهای آزمایشی در هر دو سال برداشت بر شاخص تعداد گل در بوته گیاه گل‌گاوزبان ایرانی بود (جدول ۷). بیشترین تعداد گل در بوته در تیمارهای شش بوته در مترمربع × کمپوست (۲۴۳۱۶) و پس از آن در تیمار چهار بوته در مترمربع × کمپوست (۲۳۹۰۹) و کمترین تعداد آن در تیمار شش بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست (۱۰۷۶۳) به‌دست آمد. کاربرد تیمارهای کود آلی تعداد گل در بوته را به‌طور متوسط به‌میزان ۱۵/۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. با افزایش تراکم بوته گیاه گل‌گاوزبان ایرانی از چهار بوته به ۱۰ بوته در مترمربع، تعداد گل در بوته گیاه کاهش یافت؛ به‌طوری‌که اختلاف بین این دو تیمار ۱۴ درصد بود (جدول ۸). بیشترین تعداد گل در بوته در سال اول (۲۷۵۳۲) رشد گیاه مورد مطالعه به‌دست آمد (جدول ۹). نتایج اثر متقابل حاکی از آن بود که حداکثر و حداقل تعداد گل در بوته به‌ترتیب در تیمارهای شش بوته در مترمربع × کمپوست (۴۶۸۵۷) و تیمار چهار بوته در مترمربع × ورمی‌کمپوست (۸۶۶) به‌دست آمد (جدول ۱۰).

به‌طور کلی، نتایج حاصل از این آزمایش با نتایج محققان دیگر مطابقت دارد (Azizi et al., 2008). به‌طوری‌که کاربرد ورمی‌کمپوست بر گیاه دارویی بابونه رومی (*Chamaemelum nobile* L.) باعث افزایش شاخص‌های رشدی از جمله تعداد گل در بوته گردید (Liuc & Pank, 2005). بررسی‌های صورت گرفته نشان داده است، اثرهای مطلوب کودهای ورمی‌کمپوست به‌دلیل تغییر شرایط، فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت (Atiyeh et al., 2000) و هم‌چنین تنظیم pH و افزایش معنی‌دار ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت است (Mcginnis et al., 2003). نتایج پژوهشی روی گل همیشه بهار حاکی از آن بود که با افزایش تراکم، تعداد گل در بوته کاهش و در واحد سطح افزایش یافت؛ به‌طوری‌که افزایش تراکم گیاهی، اثر مثبتی بر رقابت بین گونه‌ای گیاه داشت و در نتیجه، سبب کاهش میزان مواد فتوسنتزی و کاهش تعداد گل در بوته شد. امّا از طرفی، تعداد بوته بیشتر در واحد سطح باعث افزایش کارآیی استفاده از عوامل محیطی شده و تعداد بوته در واحد سطح افزایش یافت (Seghat Al-eslami & Mousavi, 2007).

سپاسگزاری

پ / ۸۹/۳/۴ تأمین شده لذا بدین‌وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

هزینه‌های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشـی دانشـگاه فردوسی مشهد ودانشکده کشاورزی و از محل بودجه گرانت با کد ۶۶

References

Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Galvi, M., 2006. The effect of manures on quantitative and qualitative yield and chemical indexes of essential oil of cumin (*Cuminum cyminum*). Journal of Iranian Field Crops Research 4(2): 207-216. (In Persian with English Summary)

Akbarinia, A., Keramati Toroghi, M., and Hadi Tavatori, M., 2006. Effect of irrigation intervals on flower yield of *Echium amoenum* Mey and Fisch. Pajouhesh and Sazandegi 76: 122-128. (In Persian with English Summary)

Ameri, A., and Nassiri Mahallati, M., 2009. Effects of nitrogen application and plant densities on flower yield, essential oils, and radiation use efficiency of marigold (*Calendula officinalis* L.). Pajouhesh and Sazandegi 81:133-144. (In Persian with English Summary)

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D., 2004. Influence of vermicompost on field strawberries. Bioresource Technology 93: 145-153.

Arancon, N.Q., Galvis P.A., and Edwards, A., 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology 96(10): 1137-1142.

Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A., Bachman, G., Metzger, J.D. and Shuster, W., 2000a. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia 44: 579–590.

Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., and Metzger, J.D., 2000b. Earthworm-processed organic wastes as components of horticultural potting media for growing marigold and vegetable seedlings. Compost Science and Utilization 8(3): 215-223.

Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., and Metzger, J.D., 2002. Incorporation of earthworm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. Bioresource Technology 81(2): 103-108.

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

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

Bachman, G.R., and Metzger, J.D., 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost, Bioresource Technology 99: 3155–3161.

Darzi1, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F., 2009. The effects of biofertilizers application on N,P,K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(1): 1-19. (In Persian with English Summary)

Delate, K., 2000. Heenah mahyah student farm herb trail. Leopold Center for Sustainable Agriculture. Annual Reports, Jowa State University. Ames, IA.

Ebhin Masto, R., Chhonkar, P.K., Singh, D., and Patra, A.K., 2006. Changes in soil biological and biochemical characteristics in a long-term field trial on a sub-tropical inceptisoil. Soil Biology and Biochemistry 38: 1577-1582.

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

Hussien, M.S., El-Sherbeny, S.E., and Khalil, M.Y., 2006. Growth character and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Scientia Horticulture 108: 322-331.

Kalra, A., 2003. Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-Yielding Plants (MADPs). FAO.

Karimi Zarchi, M., and Kalbasi, M., 1999. Effect of aeration and mixing on composting process and quality of compost, which is made of municipal wastes. 6th Congress of Soil Science of Iran, Ferdowsi University of Mashhad,

Iran. p. 7. (In Persian with English Summary)

Khandan, A., Astarayi, A., Naddiri Mahallati, M., and Fotovwat, A., 2006. Effect of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata* Forsk. Iranian Journal of Field Crops Research 3: 244-253. (In Persian with English Summary)

Khandan, A., 2004. Effects of organic manure and chemical fertilizer on physio-chemical characteristics of soil and hyssop (*Hyssopus officinalis*). M.Sc. Thesis, Department of Soil, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L. and Nassiri Mahallati, M., 2004. Organic cultivation of *Plantago ovate* and *Plantago psyllium* in response to water stress. Journal of Iranian Field Crop Research 2(1): 67-78. (In Persian with English Summary)

Kumar, T. S., Swaminathan, V. and Kumar, S., 2009. Influence of nitrogen, phosphorus and biofertilizer on growth, yield and essential oil constituents in Raton crop of davana (*Artemisia pallens*). Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry 8 (2): 86-95.

Liuc, J., and Pank, B., 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile. Scientia Pharmaceutica 46: 63-69.

Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.

Mallanagouda, B., 1995. Effects of N.P.K and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. Journal of Medic and Aromatic Plant Science 4: 916-918.

Martin, R.J., and Deo, B., 2000. Effect of plant population on *Calendula officinalis* flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticulture of Science 28(1): 37-44.

Mcginnis, M., Cooke, A., Bilderback, T. and Lorscheider, M., 2003. Organic fertilizers for basil transplant production. Acta Horticulturea 491: 213-218.

Moazen, S., Daneshian, J., and Akbarinia, A., 2005. Investigation of response of *Dracocephalum moldavica* L., *Hypericum perforatum*, *Phoenicolum vulgar* and *Echium amoenum* Mey and Fisch. Abstracts of First Congress of Effect of Environmental Stresses on Crops. Azad University of Takestan, Iran. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Lakzian, A., 2009. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Journal of Iranian Field Crop Research 7(2): 625-635. (In Persian with English Summary)

Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F., and Nardi, F., 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology and Biochemistry 31: 1303-1311.

Najafpour Navaei, M., 2002. Effects of phosphorus and nitrogen fertilizer on seed yield of *Echium amoenum* Mey and Fisch. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 13: 41-50. (In Persian with English Summary)

Omidbaigi, R., Fattahi, F., Fattahi, F., and Karimzadeh, Gh., 2010. Harvest time affect on the herb yield and essential oil content of lemon thyme (*Thymus × citriodorus* (Pers.) Schreb). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(3): 317-325. (In Persian with English Summary)

Parmar, D.K., and Sharma T.R., 1998. Integrated nutrient supply system for DPPG8, vegetable pea (*Pisum sativum var aravense*) in dry temperature zone of Himachal Pradesh. Indian Journal Agriculture Science 68: 247-253.

Rahmani, N., Jalali Yekta, A., Taherkhani, T., and Daneshian, J., 2009, Effect of plant density and nitrogen on yield of essential oil of *Calendula officinalis* L. Ecophisiology of Crop Field Journal 2(4): 347-354.

Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Moradi, R., 2010. Effect of chemical and organic fertilizers on yield and components yield of *Sesamum indicum* L. in different plant density. Journal of Agroecology 2(2): 256-265. (In Persian with English Summary)

Sayyah, M., Boostani, H., Pakseresht, S., and Malaieri, A., 2009. Efficacy of aqueous extract of *Echium amoenum* in treatment of obsessive-compulsive. Progressin Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry 33: 1513–1516.

Seghat Al-Eslami, M.J., and Mousavi, Gh.I., 2007. Effect of sowing date and plant density on grain and flower yield of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Iranian Field Crop Research 6(2): 263-269. (In Persian with English Summary)

Shaalan, M.N., 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis*). Egypt Journal of Agriculture Research 83(1): 271.

Tabrizi, L., Koocheki, A., and Ghorbani, R., 2009. Effect of biofertilizers on agronomic and quality

criteria of hyssop (*Hyssopus officinalis*). Journal of Iranian Field Crops Research 6(1): 126-136. (In Persian with English Summary)

Tahami Zarandi, M.K., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2010. Comparison of the effects of organic and chemical fertilizer on the percentage and yield of essential oil of ocmimum (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 2(1): 63-74. (In Persian with English Summary)

Yazdani Biuki, R., Rezvani Moghaddam, P., Khazaie, H.R., and Astaraei, A.R., 2010. Qualitative and qualitative characteristics of *Silybum marianum* in response to organic, biological and chemical fertilizers. Journal of Agroecology 2(4): 548-555. (In Persian with English Summary)

Zhukova, L.A., Voskresneskaya, O.L., and Grosheva, N.P., 1996. Morphological and physiological characteristics of ontogenesis in pot marigold (*Calendula officinalis* L.) plants grown at different densities. Russian Journal of Ecology 27: 100-106.

Journal of Agroecology
Vol. 12, No.1, Spring 2020, p. 161-178

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۲، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص ۱۷۸-۱۶۱

Response of *Echium amoenum* L. as a Medicinal Plant to Organic Fertilizers and Plant Density

P. Rezvani Moghaddam[1]*, J. Shabahang[2], A. Lashgari[2], M. Aghhavani-Shajari[2]

Submitted: 11-11-2015
Accepted: 07-06-2016

Rezvani Moghaddam, P., Shabahang, J., Lashgari, A. and Aghhavani-Shajari, M. 2020. Response of *Echium amoenum* Fisch. & C.A.Mey as a medicinal plant to organic fertilizers and plant density. Journal of Agroecology. 12 (1):l61-178.

Introduction

Many plant species in natural Iranian ecosystems such as *Echium amoenum* have high medicinal and economic potential use. The growing need for medicinal products of this plant along with the increasing domestic consumption, export and prevention of its extinction due to its over harvesting from natural ecosystems, necessitates its mass cultivation. *E. amoenum* is one of the medicinal plants that has important compounds in its flowers, which is necessary to increase the quantity and quality of its flowers. In general, environmental and management factors affecting canopy structure have a significant effect on flower production in these plants. Therefore, for the successful cultivation of any medicinal plant, including *E. amoenum*, providing optimal environmental conditions such as the best fertilizer combination to meet the nutritional needs of the plant is a priority. Adding organic matter from various sources to the soil is one of the most common regenerating operations to improve soil properties.

Material and Methods

In order to better understand the agronomical potential of *E. amoenum* as a medicinal plant at field condition, an experiment was conducted in a factorial layout based on a Randomised Complete Block design with three replications at Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season of 2009-2012. The experimental treatments were all combination of four levels of organic fertilizers (cow manure (30 t.ha-1), compost (20 t.ha-1), vermicompost (5 t.ha-1) and control) and four plant densities (4, 6, 8 and 10 plants.m-2). In April 2010, bed preparation was done by ploughing and levelling the soil and fertilizer treatments were mixed with soil. Cultivation operations were carried out in the first week of May 2010. Irrigation was performed every seven days. During the growing season of 2010, the plants produced mild stems and spent the entire season as a rosette. By autumn and winter, the aerial parts of the plant were dried and in early March 2011, with increasing ambient temperature, the leaves of the plant began to reappear from the crown. Flowering of the *E. amoenum* in the second year, 12 months after sowing began on April 25, 2011 and the flowering period lasted one month. The flowers were harvested in four stages every seven days. Flowering of the plant began in the third year on May 15, 2012, and the flower harvesting was carried out in five stages, every five days. At each harvest stage, fresh flower yield, dry flower yield and number of flowers per five grams of flowers were determined. After flowering, three plants were randomly marked and plant height, number of main and lateral branches and number of flowers per plant were recorded.

Results and Discussion

E. amoenum has only vegetative growth in the first year. The results of second and third years showed that studied treatments had significant effect on plant height, number of main and lateral stem branches, number of flower per plant, fresh and dry flower yield. Result showed that by increasing of plant density, fresh and dry flower yield and number of flower (at five g) were increased but number of lateral stem branches and number of flower per plant were decreased. Application of organic fertilizers increased fresh and dry flower yield, plant height, number of lateral stem branches and number of flowers per plant. Additionally, the highest fresh and dry

1- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2- Ph.D. in Agroecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v12i1.51343

flower yield, number of flower and number of flower per plant and number of main stem branches were obtained in the first year but the highest plant height and number of lateral branches were observed in the second year.

Conclusion

Due to the fact that *E. amoenum* is an unlimited growth plant, therefore, proper density adjustment is especially important during reproductive growth period. Increasing density during this period causes the plant to have fewer resources (space, water and food) to increase vegetative growth and, as a result, establish a proper balance between vegetative and reproductive growth and produce more flowering shoots and increase flower yield will result. Overall, it seems that application of organic fertilizers and optimum plant density are among more important factors for *E. amoenum* flower production.

Acknowledgements

Conducting this research was funded by Ferdowsi University of Mashhad, Faculty of Agriculture (Grant No. 66, 25 May 2010).

Keywords: Compost, Flower yield, Lateral branches, Manure, Vermicompost

Contents

Study the Wide Range of Plant Density on Yield and Yield Components of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars 12
A. Koocheki, M. Azizi, A. Noroozyan and S. Najibnia
Effect of Crop Residue Management and Nitrogen on Variations of Dry Matter and Yield of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) under Two Cultivation Systems 34
M. Jami Al-Ahmadi, S.V. Eslami and M. Farahmand
Effects of Rotation Irrigation and Planting Distance on Rice (*Oryza sativa* L.) Growth Indices under Gilan Province Climate Conditions 53
K. Sabokrow Foomani, S. Sayf Zadeh, F. Ali Nia, S.A. Valad Abadi and M.R. Yazdani
Long Term Evaluation of Crops Agronomic Density with Crop Density Index in Iran Crops Production from 1962 to 2011 68
M.R. Kiani, A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati and A. Zareh Feiz Abadi
Effects of Planting Pattern and Different Nitrogen Levels on Yield and Yield Components of Tomato (*Solanum lycopersicum* L. var. Karoon) 84
B. Behzadi, A. Biabani, M. Zolfi Bavariani, A. Rahemi Karizaki and H. Hosseini Moghadam
Life Cycle Assessment and Estimation of Environmental Pollutants Emission in Sugarcane Production (*Saccharum officinarum* L.) using Artificial Neural Network 105
A. Kaab, M. Sharifi and H. Mobli
Effects of Different Nitrogen Fertilizer Sources and Crop Residues on Yield and Yield Components of Barley (*Hordeum vulgare* L.) under Late Season Water Stress 125
M. Niazi Ardakani, V. Barati, E. Bijanzadeh and A. Behpouri
Evaluating the Resources Use Efficiency and Sustainability Indices for Two Potato (*Solanum tuberosum* L.) Production Systems using Emergy Analysis (Case Study: Gorgan County) 141
H.R. Shahhoseini, M. Ramroudi and H. Kazemi
Evaluation of Yield and Yield Components of Different Faba Bean (*Vicia faba* L.) Varieties in Intercropping With Triticale (*Tritico secale* L.) 158
S. Sori, R. Amirnia, E. Rezaei-Chiyaneh and F. Sheikh
Response of *Echium amoenum* L. to Organic Fertilizers and Plant Density 177
P. Rezvani Moghaddam, J. Shabahang, A. Lashgari, M. Aghhavani Shajari

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 12 No. 1 Spring 2020

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