۲۹

نشریه علمی - پژوهشی

بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)

جلد ۸ شماره ۳

پاییز ۱۳۹۵

۲۰۰۸-۷۷۱۳ :شاپا

عنوان مقالات

ارزیابی روند درازمدت ثبات عملکرد در غلات اصلی کشور ۳۲۹
مهدی نصیری محلاتی و علیرضا کوچکی

اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتوسیانین چای‌ترش (*Hibiscus sabdarifa* L.) ۳۴۶
مژگان سنجری، علیرضا سیروس‌مهر و براتعلی فاخری

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری *تیوباسیلوس* و محلول‌پاشی آهن و روی ۳۵۹
الناز داوران حق، بهرام میرشکاری، محمدرضا اردکانی، فرهاد فرح‌وش و فرهاد رجالی

تأثیر تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم کرمانشاه ۳۷۳
عبدالوهاب عبدالهی

راندمان کنترل علف‌هرز گلرنگ وحشی(*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) در کشت مخلوط جایگزینی جو (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک علوفه‌ای (*Vicia sativa* L.) ۳۸۵
عبدالرضا احمدی و علیرضا دارائی مفرد

اثر غلظت نیتروژن بقایا و گذشت زمان بر دینامیک بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) در مناطق با شرایط آب و هوایی مختلف ۳۹۷
سعید شفیعی، احمد گلچین و محمدامیر دلاور

تأثیرکاشت گیاهان پوششی بر توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک سویا (*Glycine max* L.) در رقابت با علف‌های هرز ۴۱۷
سیده ثمانه هاشمی، فائزه زعفریان، اسفندیار فرهمندفر و میلاد باقری شیروان

اثرات تاریخ کاشت، زمان آبیاری و کاربرد گیاهان پوششی بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativa* L.) ۴۳۵
علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و حمیدرضا فلاحی

بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی و تجزیه و تحلیل اقتصادی بوم‌نظام‌های تولید پسته (*Pistacia vera* L.) در شهرستان زرند کرمان ۴۵۲
سیدرضا امیری و پرویز رضوانی مقدم

تغییرات شاخص‌های رشدی توده بومی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و رقم هندی در پاسخ به شوری و تعداد آب آبیاری ۴۶۳
محمد کافی و احسان کشمیری

ارزیابی اقتصادی ارقام اصلاح شده گندم نان آبی با منشا ملی و بین‌المللی و تأثیر آن بر انتقال تابع عرضه ۴۷۶
هرمز اسدی، غلامرضا زمانیان، محمد نبی شهیکی تاش، محمد قربانی و محمد رضا جلال کمالی

۲۹

Ferdowsi University of Mashhad

جلد ۸ شماره ۳ Vol. 8 No. 3

پاییز ۱۳۹۵ Fall 2016

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه) جلد ۸ شماره ۳ پاییز ۱۳۹۵ Fall 2016 No. 3 Vol. 8 Journal of Agroecology (Quarterly)

29

Journal of Agroecology (Quarterly)

ISSN: 2008-7713

Contents

Evaluation of Long Term Yield Stability for Cereal Crops in Iran 329
M. Nassiri Mahallati and A. Koocheki

The Effects of Drought Stress and Humic Acid on Morphological Traits, Yield and Anthocyanin of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) 346
M. Sanjarimijani, A.R. Sirousmehr and B. Fakheri

Evaluating Maize Yield and the Quality of Response to Vermicompost, in *Thiobacillus* and Foliar Application of Fe and Zn 359
E. Davaran Hagh, B. Mirshekari, M.R. Ardakani, F. Farahvash and F. Rejali

Effect of Different Crop Rotations on Grain Yield and some Agronomic Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Dryland Conditions of Kermanshah 373
Abdulahi

Weed Control Efficiency of wild Safflower (*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) in Replacement Series Technique of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Common Vetch (*Vicia sativa* L.) 385
A.R. Ahmadi and A.R. Daraeimofrad

Effect of Residue Nitrogen Concentration and Time Duration on Carbon Mineralization Rate of Alfalfa Residues in Regions with Different Climatic Conditions 397
S. Shafiei, A. Golchin and M.A. Delavar

Effect of Cover Crops on Vertical Distribution of Leaf Area and Dry Matter of Soybean (*Glycine max* L.) in Competition with Weeds 417
S.S. Hashemi, F. Zaefarian, E. Farahmandfar and M. Bagheri Shirvan

Effects of Planting Dates, Irrigation Management and Cover Crops on Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativa* L.) 435
A.Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and H.R. Fallahi

An Input–Output Energy and Economical Analysis of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Production Systems in County of Zarand, Kerman Province 452
S.R. Amiri and P. Rezvani Moghaddam

The Changes in the Physiological Growth and the React of the Salinity and Number of Irrigation Water of Two Cumin Cultivars (*Cuminum cyminum* L.) 463
M. Kafi and E. Keshmiri

Economic Evaluation of Improved Irrigated Bread Wheat Varieties with National and International Origins and Its Impacts on Transfer of Supply Function 476
H. Asadi, G.R. Zamanian, M.N. Shahiki Tash, M. Ghorbani and M.R. Jalal Kamali

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)
دانشگاه فردوسی مشهد

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

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

جلد 8 شماره 3 پاییز 1395

صاحب امتیاز و ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

اعضای هیات تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)

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

دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران

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

دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر پرویز رضوانی‌مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر محمد گلوی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل

دکتر مهدی نصیری‌محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

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

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: 20 نسخه

قیمت: 5000 ریال (دانشجویان 2500 ریال)

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

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

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

ارزیابی روند درازمدت ثبات عملکرد در غلات اصلی کشور 329

مهدی نصیری محلاتی و علیرضا کوچکی

اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتوسیانین چای‌ترش (*Hibiscus sabdarifa* L.) 346

مژگان سنجری، علیرضا سیروس‌مهر و براتعلی فاخری

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری *تیوباسیلوس* و محلول‌پاشی آهن و روی 359

الناز داوران حق، بهرام میرشکاری، محمدرضا اردکانی، فرهاد فرح‌وش و فرهاد رجالی

تأثیر تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم کرمانشاه 373

عبدالوهاب عبدالهی

راندمان کنترل علف‌هرز گلرنگ وحشی(*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) در کشت مخلوط جایگزینی جو (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک علوفه‌ای (*Vicia sativa* L.) 385

عبدالرضا احمدی و علیرضا دارائی مفرد

اثر غلظت نیتروژن بقایا و گذشت زمان بر دینامیک بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) در مناطق با شرایط آب و هوایی مختلف 397

سعید شفیعی، احمد گلچین و محمدامیر دلاور

تأثیرکاشت گیاهان پوششی بر توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک سویا (*Glycine max* L.) در رقابت با علف‌های هرز 417

سیده ثمانه هاشمی، فائزه زعفریان، اسفندیار فرهمندفر و میلاد باقری شیروان

اثرات تاریخ کاشت، زمان آبیاری و کاربرد گیاهان پوششی بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativa* L.) 435

علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و حمیدرضا فلاحی

بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی و تجزیه و تحلیل اقتصادی بوم‌نظام‌های تولید پسته (*Pistacia vera* L.) در شهرستان زرند کرمان 452

سیدرضا امیری و پرویز رضوانی مقدم

تغییرات شاخص‌های رشدی توده بومی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و رقم هندی در پاسخ به شوری و تعداد آب آبیاری 463

محمد کافی و احسان کشمیری

ارزیابی اقتصادی ارقام اصلاح شده گندم نان آبی با منشا ملی و بین‌المللی و تأثیر آن بر انتقال تابع عرضه 476

هرمز اسدی، غلامرضا زمانیان، محمد نبی شهیکی تاش، محمد قربانی و محمد رضا جلال کمالی

اسامی ارزیابان جلد 8 شماره 3 (پاییز 1395) نشریه بوم شناسی کشاورزی

دکتر امیرآینه بند	دانشگاه شهید چمران اهواز
دکتر محمدرضا بخشی	دانشگاه بیرجند
دکتر الهه برومند رضازاده	
دکتر محمدعلی بهدانی	دانشگاه بیرجند
دکتر علیرضا بهشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر رضا توکل افشاری	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مژگان ثابت تیموری	پژوهشکده گردشگری، جهاد دانشگاهی خراسان رضوی
دکتر عزیز جوانشیر	دانشگاه تبریز
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مجید رستمی	دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه ملایر
دکتر احمد زارع فیض آبادی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر سارا سنجانی	موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
دکتر آسیه سیاهمرگوئی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر سید فرهاد صابر علی	دانشگاه تربت جام
دکتر حامد ظریف کتابی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر یاسر علیزاده	دانشگاه دولتی ایلام
دکتر عبدالعلی غفاری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی
دکتر حسن فرحبخش	دانشگاه باهنر کرمان
دکتر حمیدرضا فلاحی	دانشگاه بیرجند
دکتر پیمان کشاورز	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر جلال کمالی	موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج
دکتر امیر لکزیان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سیداحمد محدث حسینی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر فرزاد نجفی	دانشگاه شهید بهشتی

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 تدوام بوم‌نظام‌های تک کشتی، اثرات منفی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدلیل استفاده از تکنولوژی‌های مدرن وابسته به سوخت‌های فسیلی در تولید غذا با چالش‌های فراوانی روبرو است. بدون تردید ادامه چنین روندی پایدار نیست و در نتیجه تولید مواد غذایی به شکل فعلی آن نمی‌تواند ادامه داشته باشد.

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

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

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

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

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

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

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

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

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

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی‌که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد, رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله 1/5 بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه 12 تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه 10 با فاصله خط 1 نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر 20 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 20 کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه 14 نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی, درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده 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 700-600 واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

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

- تعداد منابع که باید در بخش مقدمه به آنها ارجاع داده شود حداکثر سه منبع مهم که در متن مقاله نیز از آنها استفاده شده بایستی در نظر گرفته شود. همچنین بایستی بین قسمتهای چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که 30% مربوط به مقدمه، 20% مواد و روش‌ها و 50% 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 12 در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه 0/5 انتخاب گردد.

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

ج- در نوشتن منابع، اسامی مجلات 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:

1- مجلات:

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

2- کتاب تالیف شده:

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

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

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

4- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

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

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

7- رساله‌های تحصیلی:

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

8- 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.

9- گزارش‌های علمی:

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

10- 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: 1163-91775

تلفن: 38804654-051 نمابر: 38787430- 051 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. 8, No. 3, Fall 2016, p. 329-345

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 345-329

ارزیابی روند درازمدت ثبات عملکرد در غلات اصلی کشور

مهدی نصیری محلاتی[1*] و علیرضا کوچکی[1]

تاریخ دریافت: 1392/09/17
تاریخ پذیرش: 1393/01/23

نصیری محلاتی، م.، و کوچکی، ع.ر. 1395. ارزیابی روند درازمدت ثبات عملکرد در غلات اصلی کشور. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3): 345-329.

چکیده

با وجودی که عملکرد غلات کشور در طی چند دهه اخیر به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته اطلاعات در مورد ثبات عملکرد یا مقاومت آن در مقابل تغییرات سالانه محیطی بسیار اندک است. در این تحقیق روند درازمدت ثبات عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) به عنوان غلات اصلی ایران در یک دوره 40 ساله (1350-90) به دو روش مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در روش اول باقیمانده رگرسیون بین عملکرد هر یک از غلات و زمان (سال) به عنوان شاخص ثبات عملکرد محاسبه شد. به این منظور ابتدا مدل‌های رگرسیون قطعه‌ای خطی، دو و سه قطعه‌ای به داده‌های روند عملکرد برازش داده شد و پس از انتخاب بهترین مدل، مقادیر مطلق باقیمانده عملکرد از طریق تفاضل عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده و نیز مقدار نسبی باقیمانده‌ها بر حسب درصد از عملکرد پیش‌بینی شده هر سال برآورد گردید. در روش دوم از شاخص محیطی استفاده شد که در آن شیب خط رگرسیون بین میانگین عملکرد همه غلات در یک سال معین (شاخص محیطی) و عملکرد هر یک از غلات در همان سال معیار ارزیابی ثبات عملکرد می‌باشد. نتایج نشان داد که در گندم و جو باقیمانده‌های مطلق و نسبی در طی دوره مطالعه در حال افزایش بوده و بنابراین علی‌رغم افزایش عملکرد، ثبات عملکرد این دو محصول در حال کاهش است. در حالی‌که در مورد برنج و ذرت باقیمانده‌ها روندی کاهشی را دنبال کرده لذا ثبات عملکرد این گونه‌های زراعی طی 40 سال گذشته افزایش یافته است. روش شاخص محیطی نیز نتایج مشابهی را مبنی بر کاهش ثبات عملکرد در گندم و جو و افزایش آن برنج و ذرت نشان داد البته بر اساس این روش ثبات عملکرد جو در مقایسه با گندم کاهش کمتری داشته است. نتایج این مطالعه حاکی از آن است که در طی 40 سال گذشته در مجموع ثبات عملکرد غلات در کشور بهبود یافته ولی درصد افزایش ثبات کمتر از درصد افزایش عملکرد می‌باشد. در طی دوره مطالعه مصرف کودهای نیتروژنی باعث کاهش ثبات و در مقابل افزایش سطح زیر کشت گندم، جو، برنج، ذرت و مجموع غلات ثبات عملکرد آن‌ها را افزایش داده است.

واژه‌های کلیدی: باقیمانده رگرسیون، روند عملکرد، سطح زیر کشت، شاخص محیطی، کود نیتروژنی

مقدمه

از نیمه دوم قرن گذشته و با شروع انقلاب سبز، عملکرد گیاهان زراعی و به تبع آن تولید غذا و علوفه در سراسر جهان به طور چشمگیری افزایش یافته و در مورد برخی محصولات میانگین افزایش عملکرد در مقیاس جهانی دو برابر یا حتی بیشتر نیز بوده است (Fischer & Edmeades, 2010). این افزایش عملکرد که حاصل پیشرفت‌های حاصل در دو بعد ژنتیکی (اصلاح ارقام پر محصول) و تکنولوژیکی (نهاده‌های شیمیایی، مکانیزاسیون و سیستم‌های آبیاری) بوده امنیت غذایی جهان را تا حد زیادی تضمین کرده است (Bell et al., 1995). برای مثال (Tollenaar & Lee, 2002) نشان دادند که میانگین عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) در آمریکا در طی 60 سال آخر قرن گذشته از یک تن به هفت تن در هکتار رسیده است که هیبریدهای جدید و کودهای نیتروژنی بیشترین سهم را در این افزایش داشته‌اند. چنین وضعیتی در ایران نیز مشهود است. زارع و همکاران (Zare et al., 2007) با تجزیه و تحلیل روند 30 ساله (1350-82) تولید غلات در کشور نشان دادند که متوسط افزایش

1و2- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mnassiri@um.ac.ir)

عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در طی این دوره در حدود 62 کیلوگرم در هکتار در سال بوده و عملکرد سایر غلات نیز به میزان قابل ملاحظه‌ای رشد کرده است. البته این مطالعات تنها بر افزایش عملکرد متمرکز بوده و ثبات عملکرد[1] به ندرت مورد بررسی قرار گرفته است.

ثبات عملکرد بیان‌کننده شدت نوسان عملکرد در مواجهه با تغییرات کوتاه‌مدت محیطی بوده و معیاری از نوسانات سال به سال عملکرد در شرایط آب و هوایی متغیر می‌باشد (Evans, 1993). وقتی یک ژنوتیپ در چند محیط مختلف یا در یک محیط طی چند سال متوالی کشت می‌شود، نوسانات عملکرد در بین محیط یا سال‌های متوالی بروز خواهد کرد که علت آن اثر متقابل ژنوتیپ × محیط بوده و شدت این نوسان ثبات عملکرد را توصیف می‌کند (Duvick et al., 2004). بنابراین ثبات با پایداری[2] که شاخص مقاومت درازمدت عملکرد می‌باشد متفاوت است و در واقع ثبات خود یکی از مؤلفه‌های پایداری بوم‌نظام‌های زراعی محسوب می‌شود (Conway & Toenniessen, 1999).

به طور کلی شواهد موجود حاکی از وجود نوعی رابطه منفی بین عملکرد بالا و ثبات است (Calderini & Slafer, 1998). کالدرینی و اسلافر (Calderini & Slafer, 1998) در مطالعه‌ای بر روی گندم که در مقیاس جهانی انجام شد نشان دادند که در 14 کشور از 21 کشور بررسی شده توسط ایشان، علی‌رغم افزایش عملکرد نوسانات آن تشدید شده است. این محققین با محاسبه ثبات عملکرد نتیجه‌گیری کردند که ارقام اصلاح شده و پر محصول گندم در مقایسه با ارقام قدیمی از ثبات عملکرد کمتری برخوردار می‌باشند. به علاوه با گسترش فشرده‌سازی[3] در بوم‌نظام‌های زراعی، روش‌های مدیریت (Berzsenyi et al., 2000) به ویژه مصرف کودهای شیمیایی (Reid, 2002) نیز بر ثبات عملکرد تأثیر خواهند گذاشت. با توجه به رابطه بین تنوع زیستی و ثبات، کاهش تدریجی تنوع زیستی (Donini, 2003) نیز از عوامل مؤثر بر نوسان عملکرد می‌باشند. در همین ارتباط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) با بررسی ابعاد مختلف تنوع در محصولات زراعی کشور بیان داشتند که نظام‌های زراعی موجود در ایران از تنوع اندکی برخوردار بوده و این امر به تدریج ثبات آن‌ها را کاهش خواهد داد.

از سوی دیگر اطلاعات به دست آمده در مورد واکنش عملکرد گیاهان زراعی به تغییرات اقلیمی[4] (Lobell & Anser, 2003; Andresen et al., 2001; Pidgeon et al., 2001) که تأثیر آن بر محصولات زراعی ایران نیز به تأیید رسیده (Koocheki et al., 2006) تردیدهایی در مورد تداوم عملکرد بالا ایجاد شده است (Olesen & Bindi, 2002). به علاوه افزایش فراوانی پدیده‌های حدی[5] نظیر خشکسالی، موج‌های گرما و سرما، که از پیامدهای قطعی تغییر اقلیم می‌باشند. تهدیدی جدی برای ثبات عملکرد محصولات زراعی به شمار می‌رود. بر این اساس و با توجه به نیازهای غذایی رو به رشد جهان، حفظ عملکرد بالا در محصولات زراعی تنها از طریق بالا بردن ثبات عملکرد با بهبود بخشیدن به عوامل تنظیم‌کننده آن میسر خواهد بود (Calvino & Sadras, 2002).

مجموعه این شواهد مؤید آن است که نظام‌های فعلی تولید علی‌رغم روند افزایشی عملکرد، به دلیل فشرده‌سازی و از دست دادن تنوع از ثبات کافی برای سازگاری در مقابل تغییرات سالانه آب و هوایی برخوردار نمی‌باشند. با این حال معدود پژوهش‌های علمی منتشر شده در کشور بر روند افزایش عملکرد غلات تأکید داشته و به ثبات عملکرد توجه جدی نشده است. بنابراین هدف از اجرای این تحقیق بررسی کمی روند درازمدت ثبات عملکرد غلات اصلی کشور در طی 40 سال گذشته و ارتباط آن با نوسانات عملکرد در پاسخ به تغییرات آب و هوایی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها: آمار مربوط به سطح زیر کشت و عملکرد غلات اصلی کشور (گندم، جو، برنج و ذرت) مربوط به سال‌های 90-1350 از بانک اطلاعات وزارت کشاورزی استخراج و جهت انجام محاسبات مورد استفاده قرار گرفت، لازم به ذکر است که داده‌های موجود برای ذرت مربوط به بازه 90-1363 می‌باشد.

ارزیابی ثبات عملکرد: در این مطالعه ثبات عملکرد غلات در کشور با دو روش مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت:

- ارزیابی ثبات بر اساس باقیمانده[6] معادله روند عملکرد:

1- Yield stability
2- Sustainability
3- Intensification
4- Climate change
5- Extereme events
6- Residual

معادله رگرسیون عملکرد هر محصول در سال‌های متوالی نشان‌دهنده روند تغییرات عملکرد در طی زمان است و شیب آن تغییرات سالانه عملکرد را در طی دوره زمانی تحت بررسی مشخص می‌سازد که حاصل انواع روش‌های مدیریت (به‌زراعی و به‌نژادی) می‌باشد (Cassman et al., 2009). باقیمانده این معادله رگرسیون یعنی اختلاف بین عملکردهای واقعی و پیش‌بینی شده در هر سال، نشان‌دهنده تأثیر شرایط محیطی (آب و هوایی) بر عملکرد بوده و بنابراین شاخصی از ثبات محسوب می‌شود (Calderini & Slafer, 1998). بر این اساس پایین بودن مقادیر باقیمانده حاکی از ثبات بیشتر و بالا بودن آن نشانه ثبات کمتر عملکرد در طی زمان است. جهت محاسبه دقیق باقیمانده لازم است که ابتدا بهترین مدل رگرسیون برای توصیف روند عملکرد هر محصول به دست آید زیرا پایین بودن ضریب تبیین (R^2) معادله روند باعث افزایش باقیمانده رگرسیون شده و در نتیجه نتایج غیر واقعی خواهد بود. در این مطالعه مدل‌های رگرسیون خطی[1] (معادله 1)، خطی دو قطعه‌ای[2] (معادله 2) و و خطی سه قطعه‌ای[3] (معادله 3) برای توصیف روند عملکرد هر یک از از چهار محصول تحت بررسی مورد مقایسه قرار گرفت (Calderini (Verón et al., 2004; & Slafer, 1999).

معادله (1) مدل خطی $Y = a + bx$

مدل خطی دو قطعه‌ای $Y = a + bx \quad \text{if } x \leq c$

معادله (2) $Y = a + bc + d\,(x-c) \quad \text{if } x < c$

مدل خطی سه قطعه‌ای $Y = a + bx \quad \text{if } x \leq c$

$Y = a + bc + d\,(x-c) \quad \text{if } e \leq x < c$

معادله (3) $Y = a + bc + d\,(e-c) + f\,(x - c) \quad \text{if } x < e$

که در آن‌ها، Y: عملکرد، x: سال از 1350 تا 1389، a: عرض از مبدا، b: سرعت افزایش عملکرد طی اولین مرحله خطی، c: سالی که در آن اولین نقطه عطف بروز می‌کند، d: سرعت افزایش عملکرد در طی دومین مرحله خطی، e: سالی که در آن دومین نقطه عطف معادله روند قرار دارد و f: سرعت افزایش عملکرد در طی سومین مرحله خطی می‌باشند. کالدرینی و اسلافر (Calderini & Slafer, 1999) بیان داشتند که در انتخاب بهترین مدل رگرسیون برای توصیف روند عملکرد دو شرط باید احراز شود، بالا بودن ضریب تبیین معادله و نرمال بودن مقادیر باقیمانده رگرسیون در طی دوره زمانی بررسی، البته ورون و همکاران (Verón et al., 2004) معیارهای آماری دیگری را نیز برای انتخاب مدل رگرسیون به موارد فوق اضافه کردند. در این مطالعه مدل مطلوب برای هر محصول بر اساس دو معیار توصیه شده توسط کالدرینی و اسلافر (Calderini & Slafer, 1999) تعیین گردید. پس از انتخاب مدل، اختلاف بین عملکرد واقعی و پیش‌بینی شده به وسیله مدل رگرسیون به عنوان "باقیمانده عملکرد" که شاخصی از ثبات عملکرد می‌باشد برای هر محصول محاسبه شد. به علاوه "باقیمانده نسبی عملکرد"[4] نیز با تقسیم باقیمانده عملکرد بر عملکرد پیش‌بینی شده به وسیله مدل رگرسیون محاسبه گردید تا مشخص شود که باقیمانده عملکرد در هر سال چه درصدی از عمل کرد آن سال می‌باشد (Calderini & Slafer, 1998). از آن‌جا که در ارزیابی ثبات میزان مطلق تغییرات عملکرد حایز اهمیت بوده و نه جهت آن، مقادیر منفی باقیمانده عملکرد در سال‌هایی که عملکرد واقعی کمتر از عملکرد پیش‌بینی شده بود در عدد 1- ضرب شد. نهایتاً با رسم نمودار باقیمانده عملکرد و مقادیر نسبی آن در سال‌های تحت بررسی، روند ثبات عملکرد برای هر محصول به دست آمد.

- ارزیابی ثبات عملکرد بر اساس شاخص محیطی[5]: این روش نخستین بار توسط فینلی و ویلکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963) برای ارزیابی ثبات عملکرد در ژنوتیپ‌های یک گونه زراعی ارائه شد. اساس این روش مقابسه عملکرد یک ژنوتیپ یا گونه زراعی با سایر ژنوتیپ‌ها یا گونه‌ها در دامنه‌ای از محیط‌های مختلف می‌باشد. ثبات عملکرد از طریق شیب خط رگرسیون (b) بین عملکرد یک گونه یا ژنوتیپ (Y) و میانگین عملکرد همه گونه‌ها یا ژنوتیپ‌های تحت بررسی (X) در محیط‌های مختلف که اصطلاحاً شاخص محیطی نامیده می‌شود، به دست می‌آید. $b>1$ نشان‌دهنده ثبات کم عملکرد، $b=1$ معرف ثبات نسبی و $b<1$ بیان‌کننده ثبات بالای عملکرد می‌باشند (Finlay & Wilkinson, 1963). در این مطالعه هر یک از سال‌های دوره مطالعه به عنوان یک محیط در نظر گرفته شد و میانگین عملکرد چهار محصول زراعی در هر سال یا همان شاخص محیطی تعیین گردید. معادله رگرسیون بین عملکرد هر محصول در هر سال و میانگین عملکرد همه محصولات در همان سال دارای شیبی معادل b می‌باشد که بر اساس

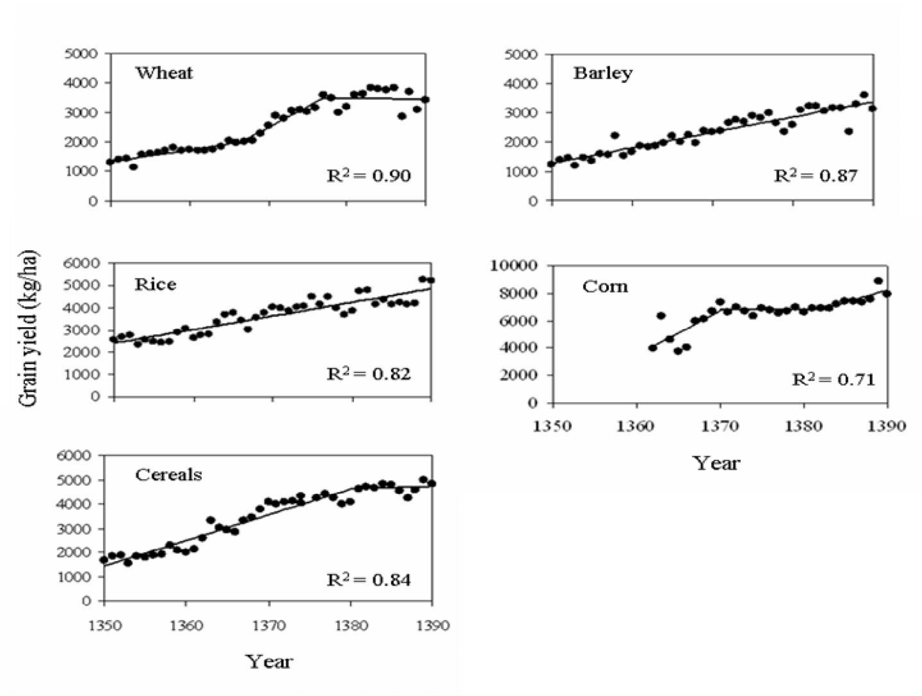
1- Linear
2- Bi-linear
3- Tri-linear

4- Relative yield residuals
5- Environmental index

آن مـی‌تـوان ثبـات عملکـرد هـر محصـول را در مقایسـه بـا سـایر محصولات مورد ارزیابی قرار داد. برازش کلیه معـادلات رگرسـیون و تعیین مقادیر باقیمانده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Sigma Stat ver.1.0 انجام شد.

نتایج و بحث

مدل‌های رگرسیون رونـد تغییـرات عملکـرد محصـولات تحـت بررسی را به خوبی توصیف کردند و ضریب تبیین مدل‌های انتخـاب شده در محدوده 0/70 تا 0/90 قرار گرفت. در گندم مدل سه قطعه‌ای بهترین برازش را داشت (شـکل 1)، در طـی دوره 16 سـاله نخسـت (1350-65)، رشد عملکرد (39/5 کیلوگرم در هکتار در سـال) نسـبتاً کند بوده ولی در فاصله سال‌های 1366 تا 1379 به طور چشمگیری افزایش یافته و به 142/5 کیلوگرم در هکتار رسیده است. البته نتـایج نشان می‌دهد که در 10 سال پایانی دوره عملکرد گندم تقریبا ثابـت مانده است (شکل 1).



شکل 1- روند 40 ساله تغییرات عملکرد گندم، جو، ذرت، برنج و کل غلات در کشور

Fig. 1- Yield trend of wheat, barley, rice, corn and total cereals over the country

جهت تعیین بهترین معادله روند مدل‌های رگرسیونی خطی و خطی دو یا سه قطعه‌ای به داده‌ها برازش شده است، در مورد ذرت روند عملکرد مربوط به دوره 90-1363 می‌باشد.

To select the best trend equation data were fitted to linear, bi-linear and tri-linear regression models. For corn, available data of the period 1984-2011 was used.

روند عملکرد جو و برنج (*Oryza sativa* L.) بهتـرین بـرازش را به مدل خطی داشت و عملکرد این دو محصول در طی 40 سال اخیر با شیب ثابتی به ترتیب معادل 53/3 و 59/7 کیلـوگرم در هکتـار در سال در حال افزایش بوده است (شکل 1). روند تغییرات عملکرد ذرت نیز از الگوی سه قطعه‌ای تبعیت کرد، بالاترین شیب افزایش عملکرد ذرت مربوط به سال‌های 70-1363 (333 کیلوگرم در هکتار در سال) است که پس از یک دوره رکود از سال 1383 مجـدداً بـا شـیب 223 کیلوگرم در هکتار در سال در حال افزایش بوده است (شـکل 1). بـه طور کلی میانگین عملکرد غلات اصلی کشور در فاصـله سـال‌هـای 80-1350 رشدی در حدود 100 کیلوگرم در هکتار در سال داشـته و در طی 10 سال اخیر تقریباً بدون تغییر مانده است (شکل 1).

زارع و همکاران (Zare et al., 2007) رشد عملکرد گنـدم، جـو، برنج و کل غلات آبی ایران را در فاصـله سـال‌هـای 82-1350 بـه ترتیب 62/5، 56/4، 69/7 و 62/9 کیلوگرم در هکتار در سال گزارش

کردند در حالی‌که بر اساس نتایج تحقیق حاضر میانگین رشد عملکرد طی دوره زمانی 90-1350 (یعنی حدود یک دهه طولانی‌تر از مطالعه فوق) برای گندم، جو و برنج به ترتیب 60، 53 و 59 و برای کل غلات (با احتساب ذرت) 54/5 کیلوگرم در هکتار در سال بوده است. مقایسه نتایج این دو مطالعه نشان می‌دهد که سرعت رشد عملکرد غلات کشور در طی ده سال گذشته کاهش یافته است. البته میانگین جهانی افزایش سالانه عملکرد گندم و غلات (شامل گندم، ذرت و برنج) در فاصله سال‌های 2010-1970 میلادی یعنی دوره‌ای تقریباً مشابه با این تحقیق، به ترتیب 39 و 43 کیلوگرم در هکتار در سال بوده (Fischer & Edmeades, 2010) که حاکی بالاتر بودن نرخ رشد عملکرد غلات ایران نسبت به متوسط جهانی است. باید توجه داشت که تفاوت سرعت رشد عملکرد بین مناطق مختلف در واقع نشان‌دهنده تفاوت در برنامه‌های به نژادی، منابع محیطی، مدیریت زراعی و سطح تکنولوژی می‌باشد (Calderini & Slafer, 1998). برای مثال در آمریکا در طی نیمه دوم قرن گذشته روند افزایش عملکرد ذرت در شرایط مطلوب اقلیمی به طور متوسط 100 کیلوگرم در هکتار در سال بوده (Tollenaar & Lee, 2002) در حالی‌که در جمهوری چک که شرایط برای کشت ذرت کاملاً مناسب نیست، میانگین رشد عملکرد در 75 سال گذشته از 50 کیلوگرم در هکتار در سال تجاوز نکرده است (Chloupeka et al., 2003).

عدم افزایش عملکرد غلات و به ویژه گندم در دهه پایانی قرن گذشته و دهه نخست قرن حاضر توسط برخی محققین گزارش شده است (Cassman, 1999; Hafner, 2003; Fischer et al., 2009). محققین معتقدند که این امر به دلیل عدم وجود پتانسیل ژنتیکی نبوده بلکه ناشی از عدم کارآیی نظام‌های تولید در مهار منابع و رسیدن به عملکرد پتانسیل است (Fischer & Edmeades, 2010).

ارزیابی ثبات عملکرد

روش باقیمانده رگرسیون

در گندم مقادیر مطلق باقیمانده رگرسیون برای این محصول در طی 40 سال گذشته به دلیل نوسان عملکرد، پراکندگی نسبتاً زیادی داشته و بین صفر تا 720 کیلوگرم در هکتار در تغییر بود، با این وجود روند افزایشی آن کاملاً مشهود است (شکل 2). تبدیل باقیمانده مطلق به نسبی نیز نشان داد که تغییرات سال به سال عملکرد گندم در محدوده صفر تا 20 درصد عملکرد پیش‌بینی شده قرار دارد (شکل 2). بر اساس این نتایج ثبات عملکرد گندم در طی چهار دهه گذشته در حال کاهش بوده است.

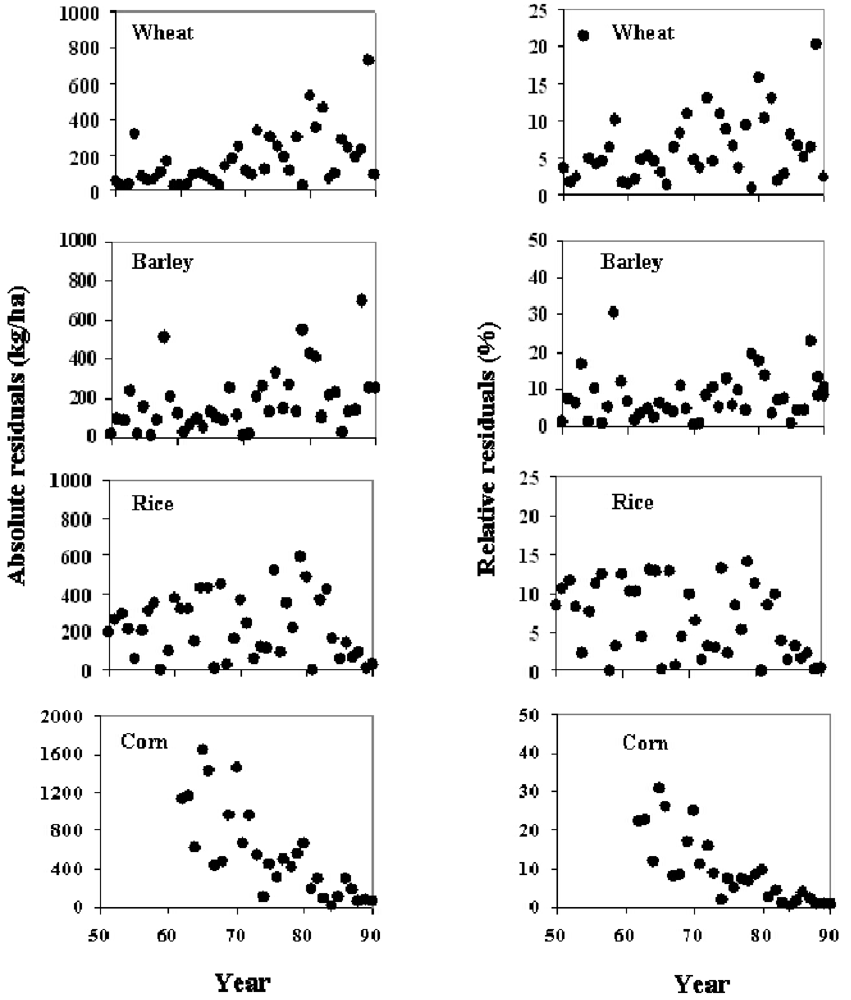
در مورد جو (*Hordeum vulgare* L.) نیز مشابه گندم مقادیر مطلق باقیمانده رگرسیون روندی افزایشی داشته و بین صفر تا 700 کیلوگرم در هکتار در تغییر بوده است. با وجودی که مقادیر مطلق باقیمانده‌ها در گندم و جو در دامنه یکسانی قرار داشت ولی به علت عملکرد کمتر جو نسبت به گندم، مقادیر نسبی باقیمانده‌ها برای این محصول بین صفر تا 30 درصد بود. البته میزان پراکندگی باقیمانده‌ها به ویژه باقیمانده نسبی در جو کمتر از گندم می‌باشد (شکل 2). بنابراین ثبات عملکرد جو نیز در طی 40 سال گذشته در حال کاهش می‌باشد. در ذرت مقادیر مطلق و نسبی باقیمانده رگرسیون به ترتیب در دامنه صفر تا 1600 کیلوگرم در هکتار و صفر تا 32 درصد عملکرد پیش‌بینی شده قرار داشتند (شکل 2) البته با وجود این پراکندگی نسبتاً زیاد در مقایسه با سایر غلات، روندی کاهشی را دنبال کردند. بنابراین به نظر می‌رسد افزایش عملکرد ذرت در طی 40 سال گذشته با افزایش ثبات آن همراه بوده است.

پراکندگی داده‌های ارائه شده در شکل 2 تصویر واضحی از روند تغییرات باقیمانده‌ها را آشکار نمی‌سازد و لذا نتیجه‌گیری در مورد ثبات عملکرد و تغییرات زمانی آن دشوار می‌باشد. برای حل این مشکل و حذف داده‌های مربوط به سال‌های غیرعادی، میانگین متحرک پنج ساله مقادیر باقیمانده مطلق و نسبی برای هر محصول محاسبه شد تا روند موجود در سری زمانی مشخص شود. نتایج نشان داد که میانگین متحرک باقیمانده مطلق و نسبی رگرسیون برای گندم در طی 40 سال گذشته روند مثبت و معنی‌داری ($p \leq 0/05$) را دنبال کرده (شکل 3) به عبارت دیگر در طی این دوره علی‌رغم افزایش عملکرد گندم ثبات عملکرد آن در حال کاهش بوده است. در جو نیز نتایج مشابه گندم بود و هر دو باقیمانده با شیب مثبت و معنی‌داری در طی زمان افزایش یافتند البته شیب خط رگرسیون برای میانگین متحرک باقیمانده‌های نسبی در جو کمتر از گندم بود (شکل 3). بر این اساس ثبات عملکرد جو نیز در طی دوره مطالعه به طور معنی‌داری کاهش یافته ولی شدت این کاهش کمتر از گندم است. در برنج و ذرت بر خلاف دو محصول قبلی میانگین متحرک مقادیر باقیمانده‌های مطلق و نسبی با شیب منفی در طی زمان کاهش یافتند (شکل 3) یافت.

در برنج کاهش شیب رگرسیون در باقیمانده نسبی بارزتر بود در

حالی‌که در ذرت شیب خط برای باقیمانده مطلـق و نسـبی بـه طـور مشابهی کاهش یافت. بنابراین با وجودی که ثبـات عملکـرد هـر دو محصول در طی 40 سال گذشته افزایش داشـته ولـی ذرت از ثبـات بیشتری برخوردار است.

نتایج حاصل از تلفیق داده‌ها برای کل غـلات در شـکل 4 ارائـه شده است. مقادیر باقیمانده مطلق (شکل 4-a) برای غلات در دامنـه صفر تا 650 کیلوگرم در هکتار و باقیمانده نسبی (شـکل 4-b) بـین صفر تا 20 درصد عملکرد پیش‌بینی شده قرار داشت به عـلاوه رونـد مشخصی در آن‌ها مشاهده نشد. محاسبه میانگین‌های متحرک وجود شیب کاهشی در باقیمانده مطلق (شکل 4-c) و نسبی (شـکل 4-d) غلات آشکار ساخت. بر اساس این یافته‌ها می‌توان بیـان داشـت کـه ثبات عملکرد غلات کشور در طی 40 سال گذشته در حـال افـزایش می‌باشد و این امر عمدتاً به دلیل افزایش ثبات در برنج و ذرت است.



شکل 2- روند تغییرات مقادیر مطلق و نسبی باقیمانده رگرسیون عملکرد برای گندم، جو، برنج و ذرت در طی چهار دهه گذشته در کشور

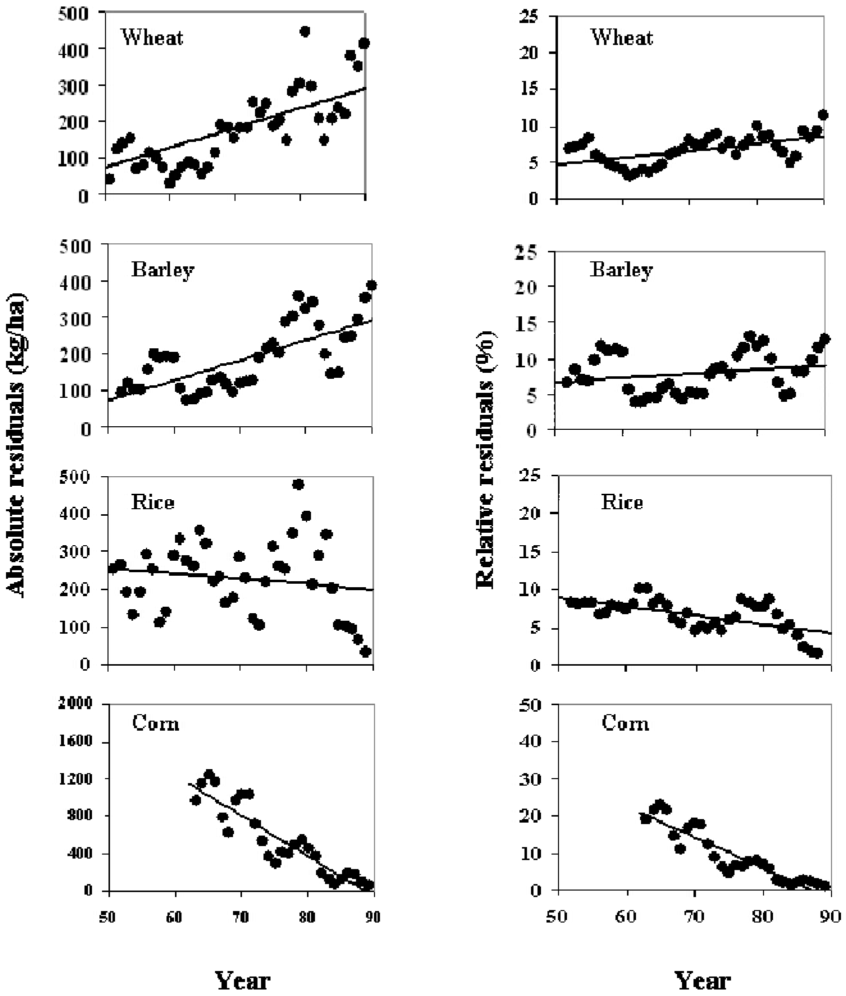
Fig. 2- Time trend of the values of absolute and relative regression residuals for wheat, barley, rice and corn over the country

در مورد ذرت باقیمانده‌ها مربوط به سال‌های 90-1363 می‌باشد.

For corn, available data of the period 1984-2011 was used.

شکل‌های سمت راست باقیمانده مطلق و سمت چپ باقیمانده نسبی می‌باشند.

Left: Absolute residuals and Right: Relative residuals



شکل 3- میانگین‌های متحرک پنج ساله مقادیر مطلق و نسبی باقیمانده‌ها برای گندم، جو، برنج و ذرت در طی چهار دهه گذشته در کشور همراه با خط رگرسیون برازش شده

Fig. 3- Five-year moving average of the values of absolute and relative residuals for wheat, barley, rice and corn over the country with the fitted regression line

در مورد ذرت باقیمانده‌ها مربوط به سال‌های 90-1363 می‌باشد.

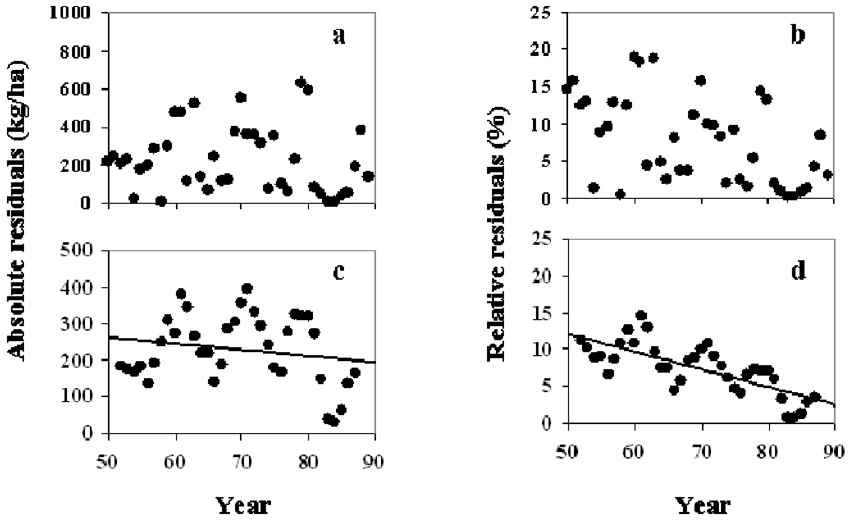
For corn, available data of the period 1984-2011 was used.

شکل‌های سمت راست باقیمانده مطلق و سمت چپ باقیمانده نسبی می‌باشند.

Left: Absolute residuals and Right: Relative residuals

روش شاخص محیطی

نتایج نشان داد که شیب خط رگرسیون بین عملکرد نسبی گندم و شاخص محیطی یعنی عملکرد نسبی همه غلات (گندم، جو، برنج و ذرت) در طی 40 سال معادل 1/7 می‌باشد (شکل 5) که به طور معنی‌داری ($p\leq0/01$) بیشتر از یک بوده و مؤید پایین بودن ثبات عملکرد گندم کشور علی‌رغم افزایش عملکرد آن است. به عبارت دیگر میزان نوسانات عملکرد گندم در طی سال‌های مختلف که معیاری از تغییرات محیطی می‌باشد، در حدود 70 درصد بیشتر از سایر غلات تحت بررسی بوده است. در مورد جو شیب خط رگرسیون معادل 1/08 برآورد گردید که با یک تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل 5). بنابراین عملکرد این محصول از ثبات متوسطی برخوردار است و میزان نوسان عملکرد آن در طی سال‌های مطالعه تقریباً مشابه میانگین همه غلات می‌باشد.



شکل 4- مقادیر باقیمانده مطلق (a) و نسبی (b) و میانگین‌های متحرک پنج ساله مقادیر مطلق (c) و نسبی (d) باقیمانده‌ها برای غلات در طی چهار دهه گذشته در کشور همراه با خط رگرسیون برازش شده به میانگین‌های متحرک

Fig. 4- The values if absolute (a) and relative (b) residuals and five-year moving average for absolute (c) and relative (d) residuals for cereal crops over the country with the fitted regression line to the moving averages

شکل‌های سمت راست باقیمانده مطلق و سمت چپ باقیمانده نسبی می‌باشند.

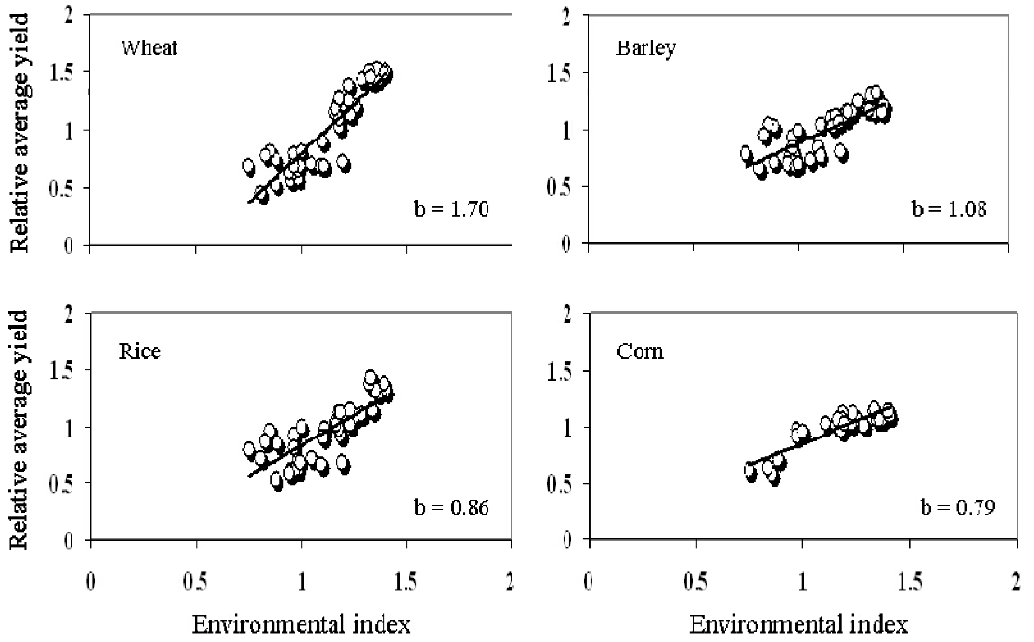
Left: Absolute residuals and Right: Relative residuals

شیب خط رگرسیون برای برنج به طور معنی‌داری کمتر از یک (b=0/86) می‌باشد (شکل 5) که حاکی از ثبات بالای عملکرد آن در مقایسه با سایر غلات است، در واقع نوسان عملکرد برنج در مواجهه با تغییرات سالانه محیطی در حدود 14 درصد کمتر از میانگین تغییرات عملکرد همه غلات می‌باشد. در ذرت نیز مشابه برنج شیب خط رگرسیون بین عملکرد و شاخص محیطی (شکل 5) به طور معنی‌داری کمتر از یک بود (b=0/79) لذا این محصول نیز از ثبات عملکرد بالایی برخوردار بوده و تغییرات شرایط محیطی در طی سال-های مختلف را در حدود 20 درصد بهتر از سایر غلات تحمل کرده است.

نتایج حاصل از ارزیابی ثبات عملکرد به روش شاخص محیطی با روش باقیمانده رگرسیون انطباق داشت البته باید توجه داشت که با استفاده از روش باقیمانده‌ها علاوه بر ارزیابی ثبات عملکرد می‌توان تغییرات زمانی آن را نیز مورد بررسی قرار داد.

نتایج اغلب مطالعات انجام شده در خصوص ثبات عملکرد حاکی از آن است که با افزایش عملکرد، ثبات آن کاهش می‌یابد. آندرسن و همکاران (Andresen et al., 1988) از نحستین محققینی بودند که رابطه منفی بین افزایش عملکرد غلات و ثبات را در طی یک دوره زمانی گزارش کردند. مطالعات بعدی نشان داد که در مورد گندم و جو ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا معمولاً دارای ثبات کمی می‌باشند (Slafer Calderini & Slafer, 1999; García del & Andrade, 1993 ;Moral, 2003). کالدرینی و اسلافر (Calderini & Slafer, 1999) با استفاده از روش باقیمانده رگرسیون ثبات عملکرد گندم را در 21 کشور جهان در طی قرن بیستم بررسی کرده و نشان دادند که در دو دهه آخر قرن گذشته ثبات عملکرد در 14 کشور به شدت کاهش یافته، در دو کشور (آمریکا و ایتالیا) بدون تغییر مانده و تنها در کانادا افزایش داشته است. این وضعیت در سایر محصولات زراعی نیز به تأیید رسیده است. برای مثال، روندانینی و همکاران (Rondanini et al., 2012) روند جهانی عملکرد کلزا (Brassica napus L.) و ثبات آن را در طی چهار دهه گذشته (1970-2010) در 12 کشور تولیدکننده این محصول بررسی کردند و نشان دادند که عملکرد کلزا در طی این دوره 27 کیلوگرم در هکتار در سال افزایش یافته در حالی‌که ثبات عملکرد در هیچ‌یک از این کشورها افزایش نیافته به طوری‌که باقیمانده عملکرد بین 500-0 و باقیمانده نسبی بین 60-0 درصد در تغییر بوده است. نتایج تحقیق حاصر نیز وجود چنین روندی

را درکشور تأیید می‌کند بنابراین کاهش ثبات عملکرد گندم و جو در ایران نیز تا حد زیادی به دلیل معرفی ارقام پر محصول این گونه‌های زراعی است. مکانیزم بروز سازگاری در جریان اصلاح گیاهان به درستی مشخص نمی‌باشد ولی به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های جدید غلات (به ویژه گندم و جو) نسبت به تغییرات محیطی حساسیت بیشتری داشته و در نتیجه علی‌رغم عملکرد بالا از ثبات کمتری برخوردارند (Fufa, 2005; Slafer & Kernich, 1996).



شکل 5- رابطه بین شاخص محیطی (میانگین نسبی عملکرد همه غلات در هر سال) و عملکرد نسبی هر محصول در هر سال برای گندم، جو، برنج و ذرت در طی چهار دهه گذشته

Fig. 5- Relation between environmental index (relative mean yield of all cereals in each year) and relative yield of each crop for wheat, barley, rice and corn during the last 4 decades

شیب خط رگرسیون (b) معیاری از ثبات عملکرد هر محصول می‌باشد.

Slope of the regression line (b) is criteria of yield stability for each crop.

شیب خط رگرسیون بین عملکرد یک گونه و شاخص محیطی (شکل 5) در واقع نشان‌دهنده "قدرت واکنش"[1] به شرایط محیطی است (De Vita et al., 2010). هنگامی که این شیب بیشتر از یک باشد گونه تحت بررسی به محیط‌های پر بازده سازگار بوده و در نتیجه ثبات عملکرد آن پایین می‌باشد در مقابل شیب کمتر از نشان‌دهنده سازگاری گونه به شرایط محیطی کم بازده و ثبات بالاتر است. کالدرینی و اسلافر (Calderini & Slafer, 1999) بیان داشتند که شیب خط رگرسیون بین عملکرد و شاخص محیطی که بر اساس روش فینلی و ویلکینسون (Finlay & Wilkinson, 1963) محاسبه شده بود در ارقام جدید گندم به طور معنی‌داری بیشتر از ارقام قدیمی آن است. چون شیب بیشتر خط نشان‌دهنده کاهش ثبات می‌باشد نتیجه‌گیری شد که ارقام گندم در جریان اصلاح برای عملکرد، ثبات خود را از دست داده‌اند. به عبارت دیگر ارقام پر محصول گندم پتانسیل ژنتیکی خود را در شرایط مطلوب محیطی آشکار می‌کنند و با تغییر شرایط محیطی از سالی به سال دیگر شدت نوسان عملکرد آن‌ها زیاد است. وجود همبستگی منفی بین عملکرد و ثبات آن در ارقام جدید نسبت به ارقام قدیمی در سایر غلات نیز گزارش شده است (Calderini & Slafer, 1998). سینبو (Sinebo, 2005) با

1- Responsiveness

ارزیابی ارقام اصلاح شده جو در اتیوپی بیان داشت که اصلاح ارقام پرمحصول باعث کاهش مقاومت و در نتیجه ثبات آن‌ها در مناطق تحت تنش شده است. بنابراین به نظر می‌رسد که کاهش ثبات عملکرد گندم و جو در ایران نیز به دلیل بروز تنش‌های خشکی و گرما به ویژه در دهه پایانی دوره مطالعه بوده است زیرا تأثیر منفی به‌نژادی بر کاهش ثبات در مناطق تحت تنش و کم بازده شدیدتر خواهد بود (Verón et al., 2004) در مقابل ثبات بیشتر عملکرد در برنج ناشی از یکنواختی نسبی شرایط محیطی در مناطق کشت این محصول و نیز تنوع واریته‌ای بیشتر آن در مقایسه با گندم و جو و حضور ارقام محلی آن در نظام‌های کشت می‌باشد (Koocheki et al., 2006).

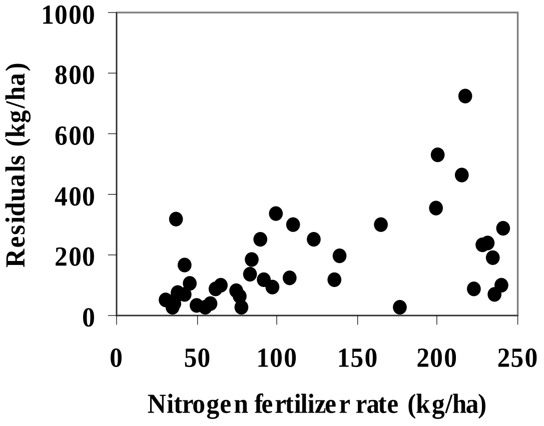
تولنار و لی (Tollenaar & Lee, 2002) با ارزیابی هیبریدهای ذرت اصلاح شده در آمریکا بیان داشتند که در ذرت عملکرد بالا می‌تواند با ثبات همراه باشد. نتایج تحقیق حاضر چنین وضعیتی را در مورد ثبات عملکرد ذرت در ایران نیز تأیید می‌کند البته به درستی مشخص نیست که ثبات عملکرد ذرت در کشور به دلیل موفقیت برنامه‌های اصلاحی بوده یا ناشی از مقاومت این گونه چهارکربنه به تنش‌های محیطی است. در واقع بالا بردن پتانسیل ژنتیکی عملکرد از طریق به‌نژادی تقاضای گیاه برای منابع را نیز افزایش خواهد داد که خود باعث افزایش احتمال دفعات تنش و در نتیجه کاهش ثبات می‌شود مگر این‌که همراه با افزایش عملکرد مقاومت به تنش‌ها نیز اصلاح شده باشد. بنابراین ثبات و مقاومت به تنش با هم رابطه‌ای نزدیک دارند و چنان‌چه عملیات به‌نژادی برای بهبود عملکرد در محیطهای دارای تنش انجام شود افزایش پتانسیل عملکرد باعث کاهش ثبات نخواهند شد (Tollenaar & Lee, 2002; Duvick et al., 2004 Sinebo, 2005;).

کشت ممتد و عدم به کارگیری تناوب‌های صحیح زراعی یکی از ویژگی‌های بوم‌نظام‌های تولید غلات در ایران است (Koocheki et al., 2006). این در حالی است که برخی بررسی‌ها نشان می‌دهد کشت ممتد محصولات زراعی نسبت به کشت متناوب باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Huang et al., 2003; Gan et al., 2003 Nielsen et al., 2002; Bahrani et al., 2002;). البته عدم کاهش عملکرد غلات در کشت متوالی نیز در برخی مطالعات از جمله جانز و سینگ (Jones & Singh, 2002) و فیشر و همکاران (Fisher et al., 2002) گزارش شده است ولی حفظ عملکرد در این بررسی‌ها مستلزم کوددهی کافی بوده است. لیتورجیدیس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) در مطالعه‌ای بر روی کشت ممتد گندم دیم به مدت 25 سال در چهار نوع خاک که در یونان انجام شد نشان دادند که در صورت کوددهی مناسب و کنترل مطلوب علف‌های هرز، عملکرد گندم کاهش چندانی نخواهد داشت و میانگین درازمدت آن حفظ می‌شود ولی نوسانات سالانه آن نسبت به کشت‌های متناوب افزایش یافته و در نتیجه ثبات عملکرد کاهش خواهد یافت. این محققین نشان دادند که حداکثر کاهش ثبات مربوط به خاک‌های سبک است زیرا در این خاک‌ها عملکرد گندم بیشترین همبستگی را با میزان بارندگی فروردین و اردیبهشت داشت و تغییرات سالانه بارندگی در این ماه‌ها عملکرد را به شدت نوسان داد. بر این اساس به نظر می‌رسد حفظ عملکرد گندم و مجموع غلات کشور (شکل 1) تا حد زیادی به دلیل مصرف نهاده‌ها به ویژه کودهای شیمیایی بوده و این امر به نوبه خود ثبات عملکرد را تحت تأثیر قرار داده است (شکل‌های 2 و 3).

ثبات عملکرد و کودهای نیتروژنی

در گندم رابطه مثبت و معنی‌داری (R^2=0/25 ،p≤0/05) بین میزان مصرف کودهای نیتروژنی و مقادیر باقیمانده مطلق به دست آمد (شکل 6). شیب این خط معادل 1/02 بود که نشان می‌دهد به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرف شده در هکتار باقیمانده مطلق گندم نیز در حدود یک کیلوگرم افزایش یافته و در نتیجه ثبات عملکرد آن کاهش می‌یابد. به علاوه ضریب تبیین رگرسیون مؤید آن است که در حدود 25 درصد از کاهش ثبات عملکرد گندم در طی دوره مطالعه ناشی از مصرف کودهای نیتروژنی می‌باشد. از آن‌جا که داده‌های 40 ساله مربوط به مصرف کودهای نیتروژنی در مورد سایر محصولات در دسترس نمی‌باشد ارزیابی دقیق‌تر تأثیر منفی مصرف کودهای شیمیایی بر ثبات عملکرد غلات امکان‌پذیر نیست. برخی محققین معتقدند اصلاح در جهت عملکرد باعث کاهش ثبات شده در حالی‌که روش‌های به‌زراعی از جمله مصرف کودهای شیمیایی ثبات عملکرد را افزایش می‌دهند (Calderini & Slafer, 1999)، ولی شواهد آزمایشی تأثیر مثبت مدیریت زراعی بر ثبات را به صورت قطعی تأیید نمی‌کند. برای مثال، برسنی (Berzsenyi, 2000) با مطالعه داده‌های 40 ساله از آزمایشات کود و تناوب بر روی گندم و ذرت نشان دادند که کودهای آلی و انواع تناوب باعث افزایش ثبات عملکرد در هر دو محصول شد در حالی‌که کودهای شیمیایی عملکرد را افزایش ولی

ثبات را کاهش دادند.



شکل 6- رابطه بین میزان مصرف کودهای نیتروژنی و میزان باقیمانده مطلق عملکرد گندم (b=1/02 و R^2=0/25*)

Fig. 6- Relation between nitrogen fertilizer application rate and absolute residuals in wheat (b=1.02 and R^2=0.25*)

مطالعات کاسمان (Cassman, 1998) نشان داد که در نظام‌های کشت برنج آسیا با مدیریت صحیح نیتروژن نوسان سالانه عملکرد کاهش و ثبات افزایش می‌یابد. هائو و همکاران (Hao et al., 2007) نیز بر اساس داده‌های 20 ساله مربوط به کشور چین گزارش کردند که مصرف کودهای نیتروژنی و فسفری به طور تلفیقی باعث افزایش ثبات و عملکرد دانه گندم شده است.

به طور کلی به نظر می‌رسد که مدیریت بوم‌نظام‌های زراعی بر مبنای روش‌های اکولوژیک نظیر تناوب، مصرف کودهای آلی و یا تلفیق نهاده‌های شیمیایی و آلی تأثیر بیشتری بر بهبود ثبات عملکرد دارند. در همین ارتباط پان و همکاران (Pan et al., 2009) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین میزان مواد آلی خاک و ثبات عملکرد غلات به دست آوردند و نشان دادند که در منطقه مطالعه ایشان 60 تا 70 درصد از نوسانات عملکرد غلات تابع مقدار ماده آلی خاک بود.

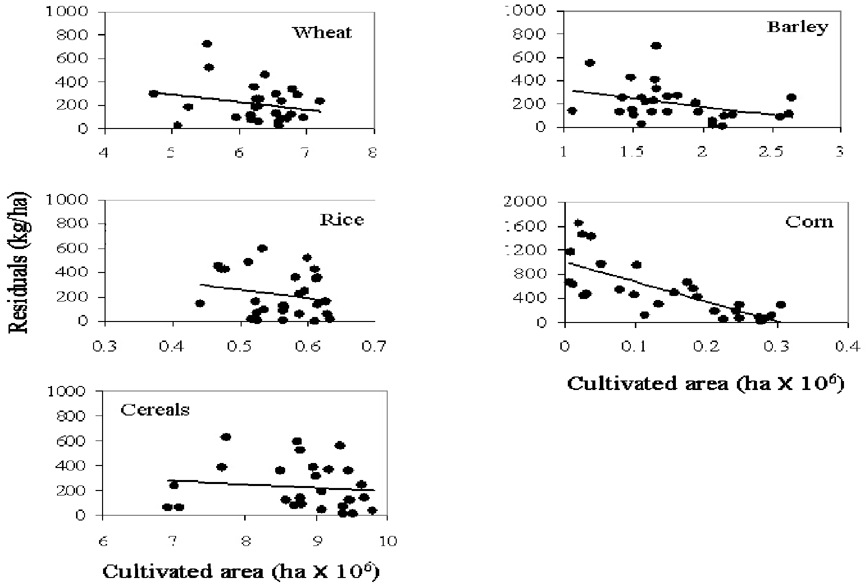
پارلو و همکاران (Paruelo et al., 2001) با مطالعه‌ای در دشت‌های مرکزی آمریکا بیان داشتند که بهبود روش‌های آبیاری باعث افزایش عملکرد گندم شده و ثبات آن را نیز بهبود بخشیده است. اصلاح روش‌های آبیاری نه تنها عملکرد را افزایش داده بلکه سیستم تولید را از نوسانات بارندگی که باعث کاهش ثبات عملکرد می‌شود، تا حد زیادی مستقل می‌سازد. بنابراین نتیجه‌گیری درباره تأثیر به‌زراعی بر ثبات تا حد زیادی به نوع نهاده نیز بستگی خواهد داشت.

ثبات عملکرد و سطح زیر کشت

یافته‌های این تحقیق نشان داد که ثبات عملکرد در محصولات تحت بررسی تا حدودی تابع سطح زیر کشت آن‌ها می‌باشد. در شکل 7 رابطه رگرسیون بین سطح زیر کشت و مقادیر مطلق باقیمانده‌ها برای هر محصول و نیز مجموع غلات ارائه شده است. با وجودی که این رابطه تنها در مورد جو و ذرت از نظر آماری معنی‌دار بود ولی شیب منفی خطوط رگرسیون مؤید کاهش مقادیر باقیمانده با افزایش سطح زیر کشت است. بنابراین به نظر می‌رسد با افزایش سطح زیر کشت ثبات عملکرد غلات افزایش یافته است.

رابطه بین ثبات و سطح کشت در سایر مطالعات نیز به تأیید رسیده است. روندانینی و همکاران (Rondanini et al., 2012) بر اساس داده‌های 40 ساله که در کشورهای مختلف انجام شد ثبات عملکرد کلزا را به روش باقیمانده رگرسیون برآورد کرده و نشان دادند که با افزایش سطح زیر کشت این محصول مقدار باقیمانده کاهش و در نتیجه ثبات عملکرد افزایش یافته است. این محققین بیان داشتند که به نظر می‌رسد هنگام ارزیابی در مقیاس بزرگ چون اراضی کم بازده و پر بازده هر دو در محاسبه وارد شده‌اند به صورت نوعی بافر یا

تعدیل‌کننده عمل کرده و ثبات افزایش می‌یابد. بنابراین علی‌رغم این‌که در این تحقیق رابطه بین سطح زیر کشت و ثبات از لحاظ آماری فقط برای دو محصول معنی‌دار بود ولی با توجه به منفی بودن رابطه (شکل 7) به نظر می‌رسد که افزایش سطح زیر کشت به نوبه خود یکی از عوامل مؤثر بر ثبات عملکرد است. البته باید توجه داشت که بزرگ شدن مقیاس ممکن است بر مقدار ثبات مؤثر باشد. نصیری و همکاران (Nassiri et al., 2010) با ارزیابی ریسک تولید گندم در استان خراسان نشان دادند ضریب تغییرات (CV) عملکرد گندم در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی به ترتیب 20، 25 و 35 درصد می‌باشد در حالی‌که مقدار این ضریب برای مجموع سه استان در حدود 26 درصد است. بر این اساس گندم در مناطق جنوبی این استان که در مقایسه با مناطق شمالی دارای آب و هوایی گرم‌تر و خشک‌تر می‌باشند نوسان عملکرد بیشتر و ثبات کمتری دارد. کالدرینی و اسلافر (Calderini & Slafer, 1998) با ارزیابی روند عملکرد گندم در آرژانتین بیان داشتند که در طی قرن بیستم ثبات در مقایسه با میزان افزایش عملکرد بهبود یافته است. در حالی‌که ورون و همکاران (Verón et al., 2004) با ارزیابی ثبات عملکرد گندم در 97 منطقه مختلف در آرژانتین نشان دادند که در مناطق حاشیه‌ای و کم بازده افزایش عملکرد بیشتر از کاهش ثبات بوده در حالی‌که در مناطق پر بازده حالت عکس مشاهده شد و میزان کاهش ثبات بیش از افزایش عملکرد است. بنابراین به نظر می‌رسد که آنالیز ثبات در مقیاس استانی یا به طور دقیق‌تر در پهنه‌های اگرواکولوژیکی تصویر بهتری از وضعیت ثبات عملکرد غلات را ارائه خواهد کرد.



شکل 7- رابطه بین سطح زیر کشت و مقادیر مطلق باقیمانده‌های عملکرد در گندم، جو، برنج، ذرت و مجموع غلات

Fig. 7- Relation between cultivated area and absolute yield residuals for wheat, barley, rice, corn and overall cereals

رابطه رگرسیون تنها در مورد جو و ذرت معنی‌دار است (p≤0/05).

Regression was significant only for barley and corn.

نتیجه‌گیری

با وجودی که افزایش عملکرد مهمترین چالش برنامه‌های به نژادی و به زراعی در کشور می‌باشد ولی این افزایش در صورتی تضمین کننده امنیت غذایی خواهد بود که با ثبات عملکرد نیز همراه باشد زیرا در اغلب گیاهان زراعی پایین بودن ثبات یکی از عوامل اصلی ایجاد خلاء بین عملکرد واقعی و پتانسیل محسوب می‌شود و این خلاء به ویژه در محیطهای با تنش خشکی، شدیدتر است (Cattivelli et al., 2008; Tollenaar et al., 2002). نتایج این تحقیق نشان داد که عملکرد گندم و مجموع غلات کشور در طی دهه گذشته بدون تغییر مانده در حالی‌که ثبات آن به ویژه در مورد

گندم و جو در حال کاهش می‌باشد. اصلاح واریته‌های جدید غلات با هدف افزایش عملکرد همراه با توسعه فشرده‌سازی موجب کاهش خصوصیات کارکردی نظام‌های تولید در کشور شده و در نتیجه تأثیر نوسانات سالانه آب و هوایی بر عملکرد غلات افزایش یافته است. با وجودی که بر اساس یافته‌های این تحقیق برنج و ذرت از ثبات عملکرد قابل قبولی برخوردارند ولی زوال تدریجی تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی کشور و پیامدهای ناشی از تغییر اقلیم جهانی ثبات عملکرد غلات را تهدید می‌کند. باید توجه داشت که کشاورزان به ویژه در مناطق کم بازده و حاشیه‌ای از نظر اقتصادی فناوری‌هایی را می‌پذیرند که بالاترین سطح ثبات عملکرد را به همراه داشته و خطر از بین رفتن محصول را به حداقل برساند (Fikere et al., 2008). بنابراین بازنگری برنامه‌های به نژادی، بهره‌گیری صحیح از تناوب زراعی، جایگزینی کودهای شیمیایی با آلی و حفاظت از تنوع زیستی و افزایش آن در نظام‌های زراعی، مهمترین راهکارهای مؤثر بر بهبود ثبات عملکرد محسوب می‌شوند و مطالعه تأثیر آن‌ها بر ثبات عملکرد حائز اهمیت است.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبارات معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد (شماره طرح پ 1357 مورخ 1387/12/12) تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Anderson, J.R., Dillon, J.L., Hazell, P.B.R., Cowie, A.J., and Wang, G.H. 1988. Changing variability in cereal production in Australia. Review of Marketing and Agricultural Economics 56: 270-286.

Andresen, J.A., Alagarswamy, G., Rotz, C.A., Ritchie, J.T., and LeBaron, A.W. 2001. Weather impacts on maize, soybean, and alfalfa production in the Great Lakes region 1895-1996. Agronomy Journal 93: 1059-070.

Bahrani, M.J., Kheradnam, M., Emam, Y., Ghadiri, H., and Assad, M.T. 2002. Effects of tillage methods on wheat yield and yield components in continuous wheat cropping. Experimental Agriculture 38: 389-395.

Bell, M.A., Fischer, R.A., Byerlee, D., and Sayre, K. 1995. Genetic and agronomic contributions to yield gains: A case study for wheat. Field Crops Research 44: 55-65.

Berzsenyi, Z., Gyonrffy, B., and Lap, D. 2000. Effect of crop rotation and fertilisation on maize and wheat yields and yield stability in a long-term experiment. European Journal of Agronomy 13: 225-244.

Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 1998. Changes in yield and yield stability in wheat during the 20th century. Field Crops Research 57: 335-347.

Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 1999. Has yield stability changed with genetic improvement of wheat yield? Euphytica 107: 51-59.

Calvino, P., and Sadras, V. 2002. On-farm assessment of constraints to wheat yield in the south-eastern Pampas. Field Crops Research 74: 1-11.

Cassman, K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proceedings of the National Academy of Sciences 96: 5952-5959.

Cassman, K.G., Peng, S., Olk, D.C., Ladha, J.K., Reichardt, W., Dobermann, A., and Singh, U. 1998. Opportunities for increased nitrogen-use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems. Field Crops Research 56: 7-39.

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Marè, C., Tondelli, A., and Stanca, A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomic. Field Crops Research 15: 1-14.

Chloupeka, O., Hrstkova, P., and Schweigert, P. 2003. Yield and its stability, crop diversity, adaptability and response to climate change, weather and fertilisation over 75 years in the Czech Republic in comparison to some European countries. Field Crops Research 85: 167-190

Conway, G., and Toenniessen, G. 1999. Feeding the world in the twenty-first century. Nature 402: C55-C58.

De Vita, P., Mastrangelo, A.M., Matteu, L., Mazzucotelli, E., Virzì, N., Palumbo, M., Lo Storto, M., Rizza, F., and Cattivelli, L. 2010. Genetic improvement effects on yield stability in durum wheat genotypes grown in Italy. Field Crops Research 119: 68-77.

Donini, P., Law, J.R., Koebner, R.M.D., Reeves, J.C., and Cooke, R.J. 2000. Temporal trends in the diversity of UK wheat. Theoretical and Applied Genetics 100: 912-917.

Duvick, D.N., Smith, J.S.C., and Cooper, M. 2004. Changes in Performance, Parentage, and Genetic Diversity of Successful Corn Hybrids, 1930 to 2000. In: Smith, C.W., Betrˇıan, J., Runge, E.C.A. (Eds.), Corn: Origin, History, Technology and Production. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, p. 65-97.

Evans, L.T. 1993. Crop Evolution, Adaptation and Yield. Cambridge University Press, New York.

Fikere, M., Tadesse, T., and Letta, T. 2008. Genotype–environment interactions and stability parameters for grain yield of faba bean (*Vacia faba* L.) genotypes grown in South Eastern Ethiopia. International Journal of Sustainable Crop Production 3: 80-87.

Finlay, K.W., and Wilkinson, G.N. 1963. The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. Australian Journal of Agricultural Research 14: 742-754.

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 I. Wheat and legume performance. Field Crops Research 79: 107-122.

Fischer, R.A., Byerlee, D., and Edmeades, G.O. 2009. Can technology deliver on the yield challenge to 2050? In: FAO Expert Meeting on How to Feed the World in 2050, Rome, June 24-26.

Fischer, R.A., and Edmeades, G.O. 2010. Breeding and cereal yield progress. Crop Science 50: S85-S98.

Fufa, H., Baenziger, P.S., Beecher, B.S., Graybosch, R.A., and Eskridge, K.M. 2005. Genetic improvement trends in agronomic performances and end-use quality characteristics among hard red winter wheat cultivars in Nebraska. Euphytica 144: 187-198.

Gan, Y.T., Miller, P.R., McConkey, B.G., Zentner, R.P., Stevenson, F.C., and McDonald, C.L. 2003. Influence of diverse cropping sequences on durum wheat yield and protein in the semiarid northern Great Plains. Agronomy Journal 95: 245-252.

García del Moral, L.F., Rharrabti, Y., Villegas, D., and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. Agronomy Journal 95: 266-274.

Hao, M., Fan, J.U., Wang, Q., Dang, T., Guo, S.L., and Wang, J. 2007. Wheat grain yield and yield stability in a long-term fertilization experiment on the Loess plateau. Pedosphere 17(2): 257-264.

Hafner, S. 2003. Trends in maize, rice, and wheat yields for 188 nations over the past 40 years: A prevalence of linear growth. Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 275-283.

Huang, M., Shao, M., Zhang, L., and Li, Y. 2003. Water use efficiency and sustainability of different long-term crop rotation systems in the Loess Plateau of China. Soil Tillage Research 72: 95-104.

Jones, M.J., and Singh, M. 2000. Long-term yield patterns in barley-based cropping systems in Northern Syria. 3. Barley monocropping. Journal of Agriculture Science 135: 251-259.

Koocheki, A., Nassiri, M., Gliesman, S.R., and Zarea, A. 2008. Agrobiodiversity of field crops: A case study for Iran. Journal of Sustainable Agriculture 32(1): 95-122.

Koocheki, A., Nassiri, M., Kamali, G.A., and Shahandeh, H. 2006. Potential impacts of climate change on agroclimatic indicators in Iran. Arid Lands Research and Management 20: 245-259.

Lithourgidis, A.S., Damalas, C.A., and Gagianas, A.A. 2006. Long-term yield patterns for continuous winter wheat cropping in northern Greece. European Journal Agronomy 25: 208-214.

Lobell, D., and Asner, G. 2003. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yields. Science 299: 1032.

Nassiri, M., and Koocheki, A. 2010. Agroecological zoning of wheat in Khorasan provinces: Estimating yield potential and yield gap. Iranian Journal of Field Crops Research 8(2): 1-11.

Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Anderson, R.L., Bowman, R.A., Benjamin, J.G., and Halvorson, A.D. 2002. Cropping system influence on plantingwater content and yield of winter wheat. Agronomy Journal 94: 962-967.

Olesen, J.E., and Bindi, M. 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. European Journal Agronomy 16: 239-262.

Pan, G., Smith, P., and Pan, W. 2009. The role of soil organic matter in maintaining the productivity and yield stability of cereals in China. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 344-348

Paruelo, J.M., Burke, I.C., and Lauenroth, W.K. 2001. Land-use impact on ecosystem functioning in Eastern Colorado, USA. Global Change Biology 7: 631-639.

Pidgeon, J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H., and Jones, P.D. 2001. Climatic impact on

the productivity of sugar beet in Europe, 1961-1995. Agriculture Forest Meteorology 109: 27-37.

Reid, J.B. 2002. Yield response to nutrient supply across a wide range of conditions. I. Model derivation. Field Crops Research 77: 161-171.

Rondanini, D.P., Gomez, N.V., Agosti, M.B., and Miralles, D.J. 2012. Global trends of rapeseed grain yield stability and rapeseed-to-wheat yield ratio in the last four decades. European Journal Agronomy 37: 56-65.

Sinebo, W. 2005. Trade off between yield increase and yield stability in three decades of barley breeding in a tropical highland environment. Field Crops Research 92: 35-52.

Slafer, G.A., and Andrade, F.H. 1993. Physiological attributes related to the generation of grain yield in bread wheat cultivars released at different eras. Field Crops Research 31: 351-367.

Slafer, G.A., and Kernich, G. 1996. Have changes in yield (1900-1992) been accompanied by a decreased yield stability in Australian cereal production? Australian Journal of Agricultural Research 478: 323-334.

Tollenaar, M., and Lee, E.A. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research 75: 161-169.

Verón, S.R., Paruelo, J.M., and Slafer, G.A. 2004. Interannual variability of wheat yield in the Argentine Pampas during the 20th century. Agriculture, Ecosystems and Environment 103: 177-190.

Zare, A., Koocheki, A., and Nassiri, M. 2006. Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the last 50 years and prediction of future situation. Iranian Journal of Field Crops Research 4(1): 49-71.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 329-345

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 345-329

Evaluation of Long Term Yield Stability for Cereal Crops in Iran

M. Nassiri Mahallati[1*] and A. Koocheki[1]
Submitted: 08-12-2013
Accepted: 12-04-2014

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2016. Evaluation of long term yield stability for cereal crops in Iran. Journal of Agroecology 8(3):329-345.

Introduction

In the second half of the last century the yield of some crops have increased drastically worldwide. This increase has been associated with genetic improvement and technology development in chemical inputs, mechanized and irrigation. Tollenaar & Lee (2000) showed that the mean yield of corn in United States of America during the last 60 years of the last century has increased from 1 to 7 tons per hectare in which new hybrids and nitrogen fertilizer were two main contributing factors. This has also been reported in Iran. They showed that average yield of wheat during a thirty-year period (1971-2003) increased by 62 $kg.ha^{-1}$. However yield stability has not been considered in their study and other similar investigations. Yield stability is an indication of yield variation in response to short term environmental fluctuations. When a phenotype is grown in different environments or in a particular environment during the course of several consecutive years, yield variation between different environments or consecutive years will be observed which is due to interactions between genotype and the environment and the magnitude of such variation is an indication of yield stability. Therefore stability is different from sustainability which is an indication of sustaining yield in long term. In fact stability is a component of sustainability in agricultural ecosystems.

There are evidences indicating a negative relationship between high yield and stability. The purpose of the present study was to investigate stability dimensions of cereals yield in Iran.

Materials and methods

In this study long term stability pattern of grain yield of wheat, barley, rice and corn were analyzed during a 40-year period (1971-2011),using two different methods. In the first method the residuals of regression between crop yield and years were calculated as stability index. For this purpose different suggested regression models including linear and bilinear were fitted to yield trend data and the best model for each crop based on statistical measures, was selected. Absolute residual (the difference between actual and predicted yields for each year) as well as relative residuals (absolute residual as percentage of predicted yield) were also estimated. In the second method yield stability was estimated from the slope regression line between average annual yield of all cereals (environmental index) and the yield of each crop in the same year.

Results and discussion

Results indicated that in wheat and barley absolute and relative residuals increased during the study period leading to reduction of stability despite considerable yield increase. However, rice and corn residuals followed a decreasing trend and therefore yield stability of these crops increased during the 40 years period. The same result was observed with the environmental index method but in this case reduction of yield stability in barley was lower than wheat. There are evidence showing that wheat yield has increased in the world scale, it was accompanied with more variation.

Based on the results, yield and yield stability of cereal crops in Iran has increased during the 40 years period. However the percentage of increase in stability was lower than yield. Application of nitrogen fertilizer reduced stability. Increasing the cultivated area, improved yield stability of wheat, barley, rice and corn .

Conclusion

Yield and yield stability of cereals has increased during the 40 years period in Iran but the extent of instability increase was lower than the yield. However yield stability for wheat and barley showed a decreasing and for corn and rice showed an increasing trend.

1- Professor of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
(*- Corresponding author Email: mnassiri@um.ac.ir)

Acknowledgement

This project was funded by vice chancellor for research, Ferdowsi University of Mashhad for which the authors acknowledge (Project 1357 P, 02.03.2009).

Keywords: Environment index, Nitrogen fertilizer, Regression residuals, Yield trend

References

Tollenaar, M., and Lee, E.A. 2002. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research 75: 161-169.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 346-358

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 358-346

اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتوسیانین چای‌ترش (*Hibiscus sabdarifa* L.)

مژگان سنجری[1*]، علیرضا سیروس‌مهر[2] و براتعلی فاخری[3]

تاریخ دریافت: 1393/03/04
تاریخ پذیرش: 1393/08/19

سنجری، م.، سیروس‌مهر، ع.ر.، و فاخری، ب.ع. 1395. اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتوسیانین چای‌ترش (*Hibiscus sabdarifa* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3): 358-346 .

چکیده

به منظور مطالعه اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و میزان آنتوسیانین چای‌تـرش (*Hibiscus sabdarifa* L.)، آزمایشی در مرکز آموزش کشاورزی جیرفت در سال 1392 به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش خشکی در سه سطح به صورت آبیاری پس از 50، 100 و 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ بـه عنـوان عامل اصلی و مصرف اسیدهیومیک به صورت شاهد (عدم مصرف)، یک‌بار مصرف همراه با آبیاری، یک‌بار مصرف همراه با آبیاری و یک‌بار محلول‌پاشی، یک‌بار مصرف همراه با آبیاری و دو بار محلول‌پاشی به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. اسیدهیومیک جهت آبیاری و محلول‌پاشی به ترتیب بـا غلظت 10 کیلوگرم در هکتار و 250 سی‌سی در 100 لیتر آب استفاده شد. تنش خشکی و اسیدهیومیک اثر معنی‌داری بر پارامترهای رشدی، عملکـرد رویشی و زایشی (کاسبرگ) و میزان آنتوسیانین داشت. با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته، طول گل‌آذین، تعداد شاخه فرعـی، قطـر سـاقه، وزن تـر و خشک بوته، وزن تر و خشک کاسبرگ کاهش نشان داد و میزان آنتوسیانین افزایش یافت. همچنین بیشترین میـزان صـفات مـذکور از سـطح چهـارم اسیدهیومیک حاصل شد. اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر تعداد شاخه فرعی، وزن تر و خشک بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین میزان این صفات مربوط به تیمار سطح اول تنش و سطح چهارم اسیدهیومیک بود. به طور کلی، اسیدهیومیک موجب تعدیل اثرات مضر تنش خشکی در گیاه دارویی چای‌ترش شد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد کاسبرگ، کمبود آب، کود زیستی، گیاه دارویی

مقدمه

چـای تـرش (*Hibiscus sabdariffa* L.) متعلـق بـه خـانواده پنیرک[4] است، بومی آفریقا بوده و در تمـام منـاطق اسـتوایی و گـرم کشت می‌شـود (Howard & Howard, 1911) و بـه عنـوان گیـاه دارویی مورد توجه است (Aziz et al., 2007). از کاسبرگ این گیـاه برای درمان فشار خون بالا، اسهال، بیماری دهان و درمان اسکوربیت (کمبود ویتامین ث) استفاده می‌شود (Milena et al., 2012).

کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محیطی کـاهش رشـد و عملکـرد بسیاری از گیاهان زراعی، باغی و دارویـی، بـه خصـوص در منـاطق خشک و نیمه‌خشک دنیا است (Heidari et al., 2006). در گیاهـان دارویی تنش خشکی باعث افزایش ماده مؤثره آن‌ها مـی‌شـود. گیـاه پروانش (*Catharanthus roseus* L.) به دلیل افزایش مـواد مـؤثره مخصوصاً آلکالوئید آجمالسین در مناطق کم آب توصـیه شـده اسـت (Jaleel et al., 2008). اما در برخی گونه‌هـا هـم مثـل مرزنجـوش مکزیکی (*Lippia berlandierischauer* L.) تغییری در میزان مواد مؤثره در شـرایط تـنش آبـی مشـاهده نشـده اسـت (Dunford & Vazquez, 2005). تنش خشکی باعث افزایش میزان تیمول موجود در اسـانس گیـاه دارویـی آویشـن (*Thymus vulgaris* L.) شـد (Babaee et al., 2010). همچنـین فعالیـت آنـزیم فنیـل آلانـین

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد گیاهـان دارویـی، گـروه باغبـانی، استادیار، گروه زراعت و دانشیار، گـروه اصـلاح نباتـات و بیوتکنولـوژی، دانشـکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: Email: sanjarimojgan@yahoo.com)

4- Malvacea

آمونیالیاز[1] (PAL) شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و منجر به تجمع فلاونول‌ها و مشتقات آن‌ها می‌شود (Solar et al., 2006). در انیسون (*Pimpinella anisum* L.) تنش خشکی فعالیت آنزیم PAL و میزان آنتوسیانین را افزایش داد (Asadi Kavan et al., 2006).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. اسیدهیومیک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شود (Sebahattin & Necdet, 2005). در ارتباط با اثرات مفید ترکیبات هیومیکی به افزایش رشد گیاهان گزارش شده است که غلظت‌های کم (60-50 میلی‌گرم بر لیتر) اسیدهیومیک رشد گیاه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Xuenyanet et al., 2001). کاربرد کمپوست یا محلول‌پاشی اسیدهیومیک روی گیاه چای‌ترش سبب افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن تر و خشک برگ و شاخه در بوته، تعداد میوه، وزن‌تر و خشک کاسبرگ‌ها، عملکرد بذر در بوته و مقدار کل آنتوسیانین گردید (Ahmad et al., 2011). همچنین، محلول‌پاشی اسیدهیومیک روی گیاه چای‌ترش سبب بهبود رشد ریشه و منجر به جذب بالاتر مواد و عناصر غذایی توسط ریشه شده است (Guvence et al., 1999). همچنین مطالعات نشان داده است که کاربرد اسیدهیومیک روی توتون (*Nicotiana tabaccum* L.) و گیاهان دارویی موجب زیاد شدن میزان آلکالوئید در برگ‌ها می‌شود (Tan, 2003). اسیدهیومیک می‌تواند درجه باز بودن روزنه‌های برگ را برای کم کردن تبخیر آب کاهش دهد به طوری‌که گیاهان و خاک با نگه داشتن مقدار آب نسبت به خشکی و سرما مقاوم می‌شوند. اسیدهیومیک حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی و باکتری‌های محرک رشد از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی جهت بالا بردن عملکرد به خصوص در شرایط تنش می‌تواند مؤثر باشد (Sabzevari et al., 2009).

با توجه به موارد ذکر شده هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و مقدار آنتوسیانین گیاه چای‌ترش بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش کشاورزی شهید دهقان‌پور جیرفت در بهار سال 1392، به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول 1 آورده شده است.

تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح به عنوان عامل اصلی به صورت آبیاری پس از 50، 100 و 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ و مصرف اسیدهیومیک در چهار سطح به عنوان عامل فرعی شامل (شاهد یا عدم مصرف اسیدهیومیک، یک‌بار همراه با آبیاری، یک‌بار همراه با آبیاری و یک‌بار محلول‌پاشی، یک‌بار همراه با آبیاری و دوبار محلول‌پاشی) در نظر گرفته شدند. اسیدهیومیک جهت آبیاری و محلول‌پاشی به ترتیب با غلظت 10 کیلوگرم در هکتار و 250 سی-سی در 100 لیتر آب بر اساس دستورالعمل تولیدکننده به کرت‌های مربوطه داده شد. زمین مورد نظر در پاییز شخم و در بهار دیسک زده شد، سپس کرت‌های مورد آزمایش (با ابعاد 4×3 متر) مشخص گردید. بذور گیاه چای‌ترش در فروردین ماه در جعبه نشا حاوی ماسه و خاک‌برگ کشت شدند و در مرحله چهار برگی در اواسط اردیبهشت ماه به زمین اصلی منتقل و با فاصله بین و روی ردیف 60 سانتی-متری کشت شدند. در همین زمان اسیدهیومیک همراه با آب آبیاری در یک نوبت به گیاهان داده شد. همه کرت‌های مورد آزمایش تا رسیدن گیاه به ارتفاع 40 سانتی‌متری (در مرحله رشد رویشی گیاه) به صورت یکسان آبیاری گردید. سپس تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید. برای تعیین زمان آبیاری از تشت تبخیر کلاس آ استفاده شد. اسیدهیومیک به صورت محلول‌پاشی در دو نوبت، یک مرحله قبل از تغییر رنگ ساقه گیاه از سبز به قرمز در اوایل شهریور ماه و بار دیگر قبل از گلدهی به گیاه داده شد. در اواخر مهرماه که مصادف با پایان گلدهی بود، صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول بزرگ‌ترین گل‌آذین، تعداد شاخه‌های جانبی، قطر ساقه (در قسمت زیرین انشعابات فرعی)، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک کاسبرگ، مورد بررسی قرار گرفت. برای سنجش آنتوسیانین کاسبرگ از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نسخه 9/1 نرم‌افزار آماری SAS و برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

1- Phenyl alanine ammonia lyaze

آمونیالیاز[1] (PAL) شدیداً تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و منجر به تجمع فلاونول‌ها و مشتقات آن‌ها می‌شود (Solar et al., 2006). در انیسون (*Pimpinella anisum* L.) تنش خشکی فعالیت آنزیم PAL و میزان آنتوسیانین را افزایش داد (Asadi Kavan et al., 2006).

با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، اخیراً استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. اسیدهیومیک از منابع مختلف نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال سنگ و غیره استخراج می‌شود (Sebahattin & Necdet, 2005). در ارتباط با اثرات مفید ترکیبات هیومیکی به افزایش رشد گیاهان گزارش شده است که غلظت‌های کم (60-50 میلی‌گرم بر لیتر) اسیدهیومیک رشد گیاه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد (Xuenyanet et al., 2001). کاربرد کمپوست یا محلول‌پاشی اسیدهیومیک روی گیاه چای‌ترش سبب افزایش ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه فرعی در بوته، وزن تر و خشک برگ و شاخه در بوته، تعداد میوه، وزن‌تر و خشک کاسبرگ‌ها، عملکرد بذر در بوته و مقدار کل آنتوسیانین گردید (Ahmad et al., 2011). همچنین، محلول‌پاشی اسیدهیومیک روی گیاه چای‌ترش سبب بهبود رشد ریشه و منجر به جذب بالاتر مواد و عناصر غذایی توسط ریشه شده است (Guvence et al., 1999). همچنین مطالعات نشان داده است که کاربرد اسیدهیومیک روی توتون (*Nicotiana tabaccum* L.) و گیاهان دارویی موجب زیاد شدن میزان آلکالوئید در برگ‌ها می‌شود (Tan, 2003). اسیدهیومیک می‌تواند درجه باز بودن روزنه‌های برگ را برای کم کردن تبخیر آب کاهش دهد به طوری‌که گیاهان و خاک با نگه داشتن مقدار آب نسبت به خشکی و سرما مقاوم می‌شوند. اسیدهیومیک حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی و باکتری‌های محرک رشد از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی جهت بالا بردن عملکرد به خصوص در شرایط تنش می‌تواند مؤثر باشد (Sabzevari et al., 2009).

با توجه به موارد ذکر شده هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر تنش خشکی و اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد و مقدار آنتوسیانین گیاه چای‌ترش بوده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی مرکز آموزش کشاورزی شهید دهقان‌پور جیرفت در بهار سال 1392، به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت در جدول 1 آورده شده است.

تیمارها شامل تنش خشکی در سه سطح به عنوان عامل اصلی به صورت آبیاری پس از 50، 100 و 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ و مصرف اسیدهیومیک در چهار سطح به عنوان عامل فرعی شامل (شاهد یا عدم مصرف اسیدهیومیک، یک‌بار همراه با آبیاری، یک‌بار همراه با آبیاری و یک‌بار محلول‌پاشی، یک‌بار همراه با آبیاری و دوبار محلول‌پاشی) در نظر گرفته شدند. اسیدهیومیک جهت آبیاری و محلول‌پاشی به ترتیب با غلظت 10 کیلوگرم در هکتار و 250 سی-سی در 100 لیتر آب بر اساس دستورالعمل تولیدکننده به کرت‌های مربوطه داده شد. زمین مورد نظر در پاییز شخم و در بهار دیسک زده شد، سپس کرت‌های مورد آزمایش (با ابعاد 4×3 متر) مشخص گردید. بذور گیاه چای‌ترش در فروردین ماه در جعبه نشا حاوی ماسه و خاک‌برگ کشت شدند و در مرحله چهار برگی در اواسط اردیبهشت ماه به زمین اصلی منتقل و با فاصله بین و روی ردیف 60 سانتی-متری کشت شدند. در همین زمان اسیدهیومیک همراه با آب آبیاری در یک نوبت به گیاهان داده شد. همه کرت‌های مورد آزمایش تا رسیدن گیاه به ارتفاع 40 سانتی‌متری (در مرحله رشد رویشی گیاه) به صورت یکسان آبیاری گردید. سپس تیمارهای تنش خشکی اعمال گردید. برای تعیین زمان آبیاری از تشت تبخیر کلاس آ استفاده شد. اسیدهیومیک به صورت محلول‌پاشی در دو نوبت، یک مرحله قبل از تغییر رنگ ساقه گیاه از سبز به قرمز در اوایل شهریور ماه و بار دیگر قبل از گلدهی به گیاه داده شد. در اواخر مهرماه که مصادف با پایان گلدهی بود، صفاتی نظیر ارتفاع بوته، طول بزرگ‌ترین گل‌آذین، تعداد شاخه‌های جانبی، قطر ساقه (در قسمت زیرین انشعابات فرعی)، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک کاسبرگ، مورد بررسی قرار گرفت. برای سنجش آنتوسیانین کاسبرگ از روش واگنر (Wagner, 1979) استفاده شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نسخه 9/1 نرم‌افزار آماری SAS و برای انجام مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

1- Phenyl alanine ammonia lyaze

جدول 1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش (عمق 30-0 سانتی‌متر)
Table 1- Physical and chemical properties of soil sample (0-30 cm)

پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی-زیمنس برمتر) EC ($dS.m^{-1}$)	بافت Texture
138	6.7	0.014	0.031	7	1.38	شنی- لومی Sandy- loam

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس حکایت از تأثیر معنی‌دار سطوح تنش خشکی بر ارتفاع بوته و طول بزرگ‌ترین گل‌آذین داشت (جدول 2). در تیمار آبیاری پس از 50 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ ارتفاع بوته (162/58 سانتی‌متر) و طول بزرگ‌ترین گل‌آذین (112/58 سانتی‌متر) نسبت به تنش شدید به ترتیب 19 و 47 درصد افزایش داشت (جدول 3). علت کاهش ارتفاع، کاهش فشار تورژسانس و متعاقب آن کاهش تقسیم و بزرگ شدن سلولی در شرایط تنش خشکی می‌باشد (Cabuslay et al., 2002). کاهش در ارتفاع را به موازات تنش خشکی می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه تنش خشکی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و در نهایت عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی از نظر ارتفاع دانست.

ارتفاع بوته و طول بزرگ‌ترین گل‌آذین به طور معنی‌داری تحت تأثیر اسیدهیومیک قرار گرفت (جدول 2) و بیشترین میزان آن به ترتیب 153/65 و 98/36 سانتی‌متر در تیمار یک‌بار کاربرد اسیدهیومیک توأم با آبیاری و دو بار محلول‌پاشی بود، که نسبت به شاهد به ترتیب 11 و 10 درصد افزایش داشت (جدول 3). روسو و برلیان (Russo & Berlyn, 1990) گزارش کردند که کاربرد اسیدهیومیک موجب کاهش تنش گیاهی و افزایش جذب مواد غذایی و تحریک فعالیت هورمون‌های رشد می‌شود. این مواد مکانیسم‌هایی برای رشد طولی گیاهان دارند. وجود ترکیبات شبه هورمونی از جمله ترکیبات اکسینی (Atiyeh et al., 2002) و ترکیبات شبه جیبرلینی (Nardi et al., 2002) در اسیدهیومیک می‌توانند رشد سلول‌ها را تحت تأثیر قرار دهند. احتمالاً هیومیک با تأثیر بر غشا سلول و رشد آن بر افزایش ارتفاع بوته و ارتفاع گل‌آذین با گذشت زمان مؤثر بوده است.

تعداد شاخه فرعی

نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که تنش خشکی، اسیدهیومیک و اثرات متقابل این دو تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر تعداد شاخه فرعی در گیاه چای‌ترش داشته است. مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول 6) نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی (9/63) از تیمار آبیاری پس از 50 میلی‌متر تبخیر و تیمار یک‌بار کاربرد اسیدهیومیک توأم با آبیاری و دوبار محلول‌پاشی به دست آمد. اسیدهیومیک با اصلاح خاک و بهبود دانه‌بندی آن فضای بیشتری برای نفوذ آب در خاک ایجاد می‌کند، به علاوه با تشکیل پیوند با مولکول‌های آب، تا حدود زیادی مانع از تبخیر آب از خاک می‌شوند. از این‌رو می‌توانند در شرایط تنش رطوبتی، باعث رشد بیشتر گیاه شود. از این‌ها گذشته مولکول‌های فولیک‌اسید (بخش ریزمولکول از هیومیک‌اسید) که به درون بافت‌های گیاهی نفوذ می‌کنند، با پیوند شدن به مولکول‌های آب تعریق و تعرق گیاه را کاهش داده به حفظ آب در درون گیاه کمک می‌کنند (Mirhajian, 2012). در نتیجه باعث افزایش تعداد شاخه فرعی که یکی از شاخص‌های رشد و توسعه گیاه است می‌شوند.

قطر ساقه

تفاوت میان تیمارهای مختلف آبیاری در قطر ساقه چای‌ترش نیز معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین قطر در تیمار 50 میلی‌متر تبخیر (25/09 میلی‌متر) و کمترین آن در تیمار 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر (15/86 میلی‌متر) بود (جدول 3). قطر ساقه نیز مانند ارتفاع بوته تحت تأثیر تقسیم و بزرگ شدن سلولی در شرایط تنش کمبود آب است. این مسئله احتمالاً نتیجه اختلال در فتوسنتز، تعرق، فرآیندهای متابولیکی گیاه و غیره است (Sarker et al., 2005; Jones & Tardieu, 1998). در مطالعه‌ای تأثیر تنش خشکی بر ساقه‌های مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) سبب نازک‌تر و

خشک‌تر شدن آن شده است (Bettaieb et al., 2009).

مصرف اسیدهیومیک اثر معنی‌داری بر قطر ساقه چای‌ترش داشت (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمار یک‌بار کاربرد اسیدهیومیک توأم با آبیاری و دوبار محلول‌پاشی بیشترین تأثیر را بر قطر ساقه (20/75 میلی‌متر) داشت که اختلاف معنی‌داری با سطوح دوم و سوم این کود مشاهده نشد، اما نسبت به شاهد 14 درصد افزایش داشت. نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان می‌دهد که اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر قطر ساقه معنی‌دار نبود. کاربرد اسیدهیومیک در افزایش قطر ساقه طی تنش خشکی مؤثر بوده است. اختلاف معنی‌داری بین سطوح اسیدهیومیک با یکدیگر وجود نداشت تنها با شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود که احتمالاً به علت اثر محسوس کاربرد خاکی اسیدهیومیک بر صفت مذکور بوده است (جدول 3). در مطالعه‌ای کاربرد اسیدهیومیک در خاک موجب افزایش طول هیپوکوتیل، قطر ساقه، طول ساقه، وزن خشک و میزان عناصر غذایی و همچنین عملکرد گیاه فلفل دلمه‌ای (*Capsicum annuum* L.) شد (Turkmen et al., 2005). در مطالعه دیگری کاربرد اسیدهیومیک سبب افزایش قطر و ارتفاع گیاه منداب (*Eruca sativa* L.) شد (Albayrak & Camas, 2005). مقادیر بسیار کم اسیدهیومیک اثر قابل ملاحظه‌ای بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی و بیولوژیکی خاک داشته و به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی بر شاخص‌های رویشی و زایشی محصولات کشاورزی دارد (Samavat & Malakuti, 2005). بنابراین، می‌توان گفت اسیدهیومیک با افزایش جذب آب و مواد غذایی موجب بهبود رشد و توسعه قطر ساقه چای‌ترش شده است.

وزن تر و خشک بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول 4) نشان می‌دهد که اثر متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر وزن تر و خشک بوته معنی‌دار بود. در تیمار آبیاری پس از 50 میلی‌متر تبخیر و یک‌بار کاربرد اسیدهیومیک توأم با آبیاری و دو بار محلول‌پاشی بیشترین وزن تر و خشک بوته به دست آمد (جدول 6).

جدول 2- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته، طول بزرگ‌ترین گل‌آذین، تعداد شاخه فرعی و قطر ساقه چای‌ترش

Table 2- Variance analysis for the effect of humic acid and drought stress on plant height, inflorescence length, number of branches and stem diameter of roselle

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول گل‌آذین Inflorescence length	تعداد شاخه فرعی Number of branches	قطر ساقه Stem diameter
تکرار Replication	2	290.01	322.37	3.08	18.31
تنش خشکی (A) Drought stress (A)	2	2273.70**	3960.15**	18.54**	261.07**
تنش خشکی×تکرار Drought stress× Replication	4	469.72	295.03	1.11	4.92
اسید هیومیک (B) Humic acid (B)	3	480.10*	172.44**	4.82**	15.87**
تنش خشکی×اسیدهیومیک (A×B)	6	60.60ns	26.50ns	0.40**	1.57ns
خطا Error	18	94.99	25.50	0.06	0.69
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.60	5.32	3.15	4.13

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

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

جدول 3- اثرات تنش خشکی و اسیدهیومیک بر ارتفاع بوته، طول بزرگ‌ترین گل‌آذین، تعداد شاخه فرعی و قطر بوته چای‌ترش

Table 3- Effect of drought stress and humic acid on plant height, inflorescence length, number of branches and stem diameter of roselle

تیمار Treatment	سطوح Levels	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	طول گل‌آذین (سانتی‌متر) Inflorescence length (cm)	تعداد شاخه فرعی Number of branches	قطر ساقه (میلی‌متر) Stem diameter (mm)
تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) Drought stress (mm evaporation of evaporation basin)	50	162.58[a*]	112.58[a]	9.19[a]	25.09[a]
	100	144.57[ab]	95.65[b]	8.41[b]	19.30[b]
	150	135.54[c]	76.28[c]	6.57[c]	15.86[c]
هیومیک اسید Humid acid	شاهد Control	137.70[b]	88.99[b]	7.28[d]	18.10[b]
	یک‌بار با آبیاری Once irrigation	146.46[ab]	93.98[b]	7.82[c]	20.60[a]
	یک‌بار با آبیاری و یک‌بار محلول‌پاشی Once irrigation and once spraying	152.49[a]	98.02[a]	8.38[b]	20.89[a]
	یک‌بار با آبیاری و دوبار محلول‌پاشی Once irrigation and twice spraying	153.65[a]	98.36[a]	8.98[a]	20.75[a]

* اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* Means in each column, followed by similar letters are not significantly different at the 5% probability level- using Dancan test.

نتایج نشان می‌دهد که اسیدهیومیک اثرات تنش خشکی را کاهش داده و سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی و در نتیجه باعث افزایش وزن تر و خشک بوته گردید. اسیدهیومیک رشد گیاهان را از طریق تغییر فیزیولوژی گیاه و با بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تغییر می‌دهد. با انجام یک آزمایش در شرایط کنترل شده مشخص شد که با کاربرد مواد هیومیکی وزن خشک عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) و گیاهچه‌های یولاف (*Avena sativa* L.) افزایش معنی‌داری یافت (Shariff, 2002). مواد هیومیکی ممکن است اثرات ضدتنشی تحت شرایط تنش غیرزنده نشان دهند (Kulikova et al., 2005).

وزن تر و خشک کاسبرگ

اثرات ساده تنش و هیومیک بر وزن تر و خشک کاسبرگ معنی‌دار بود (جدول 5). تیمار آبیاری پس از 50 میلی‌متر تبخیر بیشترین وزن تر و خشک کاسبرگ را داشت (جدول 4). همچنین با شدیدتر شدن تنش از میزان این دو کاسته شد. اثرات متقابل تنش و اسیدهیومیک بر این دو معنی‌دار نبود (جدول 4). با افزایش شدت تنش وزن تر و خشک کاسبرگ نسبت به شاهد کاهش نشان داد. برای به وجود آمدن کپسول به تبع آن افزایش وزن کاسبرگ، گیاه نیاز به رشد رویشی مناسب و تولید اندام‌های تشکیل‌دهنده آن در مراحل مختلف رشد رویشی و زایشی دارد. تأثیر خشکی بر هر یک از اجزای عملکرد می‌تواند در نهایت منجر به تغییر در عملکرد کاسبرگ تولیدی در چای ترش شود. کاهش میزان عملکرد بر اثر افزایش خشکی مربوط به کاهش ارتفاع گیاه، کاهش سطح برگ و افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه است (Sreevalli et al., 2001). در این بررسی احتمالاً اسیدهیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و بهبود فعالیت متابولیکی، شیمیایی و فیزیکی خاک و در نهایت توسعه رشد رویشی و زایشی و تداوم

بافت‌های فتوسنتز کننده توانسته است، عملکرد کاسبرگ را افزایش دهد. کاربرد اسیدهیومیک به صورت محلول‌پاشی در گندم موجب افزایش 24 درصدی عملکرد در این گیاه شد (Delfine et al., 2005). اثر کمپوست با محلول‌پاشی اسیدهیومیک سبب افزایش تعداد میوه وزن تر و خشک کاسبرگ گردید (Ahmad et al., 2011).

آنتوسیانین

میزان آنتوسیانین به طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش خشکی و اسیدهیومیک قرار گرفت (جدول 4). بیشترین میزان ترکیب فنولی آنتوسیانین در سطوح تنش خشکی، از تیمارتنش شدید ($\mu mol.g^{-1}$ 0/49) به دست آمد که نسبت به شاهد 172 درصد افزایش داشت (جدول 5). بیشترین میزان آنتوسیانین ($\mu mol.g^{-1}$ 0/38) در تیمار یک‌بار کاربرد اسیدهیومیک توأم با آبیاری و دو بار محلول‌پاشی به دست آمد (جدول 5). آنتوسیانین‌ها جزیی از ترکیبات فنلی می‌باشند که گروه بزرگی از متابولیت‌های ثانویه را تشکیل می‌دهند. آنتوسیانین‌ها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند (Hoekstra et al., 2001). و آنتی‌اکسیدان‌های فلاونوئیدی اثر محافظتی طی استرس خشکی دارند. همچنین افزایش سنتز این ترکیب‌ها در اثر محرک‌های متعدد محیطی نظیر حملات میکروبی، پرتوهای فرابنفش و تنش‌های فیزیکی و شیمیایی و محیطی گزارش شده است، به عنوان مثال گزارش شده است که مقدار آنتوسیانین در *Bgonia semperflorens* L. در شرایط تنش افزایش یافته است. این افزایش به علت نقش حفاظت نوری آنتوسیانین به وسیله حذف مستقیم ROS[1] در طول تنش اکسیداتیو می‌باشد (Zhang et al., 2010).

اسیدهیومیک در این آزمایش به طور چشمگیری بر میزان آنتوسیانین در کاسبرگ چای‌ترش افزود (جدول 5). که یافته‌های این آزمایش با نتایج جندی و همکاران (Gendy et al., 2012) و احمد و همکاران (Ahmad et al., 2011) در چای‌ترش مطابقت دارد. این نتایج ممکن است به علت اثر اسیدهیومیک (مشتقات ترکیب فنلی) به عنوان پیش ماده سنتز آنتوسیانین (ساختار فلاونوئید) باشد.

جدول 4- تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و اسیدهیومیک بر وزن تر و خشک بوته، وزن تر و وزن خشک کاسبرگ و آنتوسیانین چای‌ترش

Table 4- Analysis of variance for the effect humic acid and drought stress on fresh and dry weight plant, fresh and dry weight sepal and anthocyanin of roselle

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	وزن تر کاسبرگ Sepals fresh weight	وزن خشک کاسبرگ Sepals dry weight	آنتوسیانین Anthocyanin
تکرار Replication	2	314227378	16319611.8	4288.53	820.08	0.008
تنش خشکی (A) Drought stress (A)	2	197488016**	1082244474.3**	22311733.69**	618038.08**	0.27**
تنش خشکی×تکرار Drought stress× replication	4	89674548	4778714.5	50390.15	1049.29	0.01
اسیدهیومیک (B) Humic acid (B)	3	311117101**	17283979.7**	124620.25**	28102.76**	0.009*
تنش خشکی×اسیدهیومیک (A×B)	6	57956595**	3299538.3**	181618.25ns	5817.49ns	0.0006ns
خطا Error	18	9092051	436098	84895.50	3122.88	0.0022
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.29	4.16	5.59	6.35	13.84

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

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

1- Reactive oxygen species

جدول 5- اثرات تنش خشکی و اسیدهیومیک بر وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک کاسبرک و آنتوسیانین چای‌ترش

Table 5- Effect of drought stress and humic acid on fresh and dry weight plant, fresh and dry weight sepals, and anthocyanin of roselle

تیمار Treatment	سطوح Levels	وزن تر بوته (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight plant (kg.ha^{-1})	وزن خشک بوته (کیلوگرم در هکتار) Dry weight plant (kg.ha^{-1})	وزن تر کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight sepals (kg.ha^{-1})	وزن خشک کاسبرگ (کیلوگرم در هکتار) Dry weight sepals (kg.ha^{-1})	آنتوسیانین (میکرومول بر گرم) Anthocyanin (µmol.g^{-1})
تنش خشکی (میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر) Drought stress (mm evaporation of evaporation basin)	50	84176^{a}	19589.5^{a}	6541.25^{a}	1100^{a}	0.18^{b}
	100	67625^{b}	15735.7^{b}	5266.33^{b}	891.17^{b}	0.35^{a}
	150	58923^{b}	13672.3^{b}	3816^{c}	646/58^{c}	0.49^{a}
هیومیک اسید Humid acid	شاهد Control	64322^{d}	14972.7^{d}	481.3^{b}	824^{b}	0.31^{c}
	یک‌بار با آبیاری Once irrigation	67604^{c}	15663.6^{c}	5004.3^{a}	846.56^{b}	0.32^{bc}
	یک‌بار با آبیاری و یک‌بار محلول‌پاشی Once irrigation and once spraying	70977^{b}	16508.2^{b}	5368.3^{a}	903.44^{a}	0.36^{ab}
	یک‌بار با آبیاری و دو بار محلول‌پاشی Once irrigation and twice spraying	78062^{a}	18185.6^{a}	5646^{a}	946^{a}	0.38^{a}

* اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

* In each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level using Dancan test.

جدول 6- اثرات متقابل تنش خشکی و اسیدهیومیک بر تعداد شاخه فرعی، وزن تر و خشک بوته چای‌ترش

Tabel 6- Interaction effects drought stress and humic acid on number of branches, fresh and dry weight plant of roselle

تیمار Treatment	تعداد شاخه فرعی Number of branches	وزن تر بوته (کیلوگرم در هکتار) Plant fresh weight (kg.ha^{-1})	وزن خشک بوته (کیلوگرم در هکتار) Plant dry weight (kg.ha^{-1})
A_1B_1	8.13^{cd}	74338^{cd}	17280^{cd}
A_1B_2	8.63^{bc}	79229^{bc}	18421^{bc}
A_1B_3	9.36^{b}	84717^{b}	19686^{b}
A_1B_4	9.63^{a}	98420^{a}	22961^{a}
A_2B_1	7.60^{efd}	62072^{ef}	14480^{ef}
A_2B_2	8.10^{cde}	64948^{ef}	15010^{ef}
A_2B_3	8.83^{bc}	68506^{ed}	15928^{ed}
A_2B_4	9.13^{b}	74974^{cd}	17524^{cd}
A_3B_1	6.13^{g}	56556^{f}	13150^{f}
A_3B_2	6.73^{gf}	58634^{f}	13559^{f}
A_3B_3	6.96^{gf}	59707^{ef}	13910^{ef}
A_3B_4	7.20^{ef}	60793^{ef}	14070^{ef}

اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

level using Dancan test In each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability.

A_1، A_2 و A_3 به ترتیب معادل 50، 100 و 150 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس آ و B_1، B_2، B_3 و B_4 به ترتیب نشان‌دهنده عدم مصرف اسیدهیومیک، اسیدهیومیک یک‌بار همراه با آب آبیاری، یک‌بار همراه با آب آبیاری و یک‌بار محلول‌پاشی، یک‌بار همراه با آب آبیاری و دوبار محلول پاشی

A_1, A_2 and A_3 are 50, 100, 150 mm evaporation from pan class A respectively, and B_1, B_2, B_3 and B_4 are no use, once with irrigation, once with irrigation+once spraying, and once with irrigation+twice spraying of humic acid, respectively.

همبستگی بین صفات مورد مطالعه

ضرایب همبستگی صفات مورد مطالعه (جدول 7) نشان داد، به جز آنتوسیانین همگی صفات دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار هستند. همبستگی آنتوسیانین با صفات مورد بررسی منفی و معنی‌دار

در سطح یک درصد آماری بود.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه چای‌ترش

Table 7- Correlation coefficients between studied traits of roselle

صفات Treatmentd	ارتفاع بوته Plant height	طول گل‌آذین Inflorescence length	تعداد شاخه فرعی Number of branches	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر بوته Plant fresh weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	وزن تر کاسبرگ Sepals fresh weight	وزن خشک کاسبرگ Sepals dry weight	آنتوسیانین Antocyanin
ارتفاع بوته Plant height	1								
طول گل‌آذین Inflorescence length	0.87**	1							
تعداد شاخه فرعی Number of branches	0.69**	0.81**	1						
قطر ساقه Stem diamete	0.71**	0.82**	0.82**	1					
وزن تر بوته Plant fresh weight	0.66**	0.78**	0.92**	0.87**	1				
وزن خشک بوته Plant dry weight	0.66**	0.79**	0.93**	0.88**	0.99**	1			
وزن تر کاسبرگ Sepals fresh weight	0.69**	0.86**	0.83**	0.92**	0.85**	0.86**	1		
وزن خشک کاسبرگ Sepals dry weight	0.67**	0.87**	0.82**	0.91**	0.85**	0.85**	0.99**	1	
آنتوسیانین Antocyanin	-0.48**	-0.70**	-0.61**	-0.77**	-0.78**	-0.70**	-0.77**	-0.77**	1

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد بر اساس آزمون دانکن

**: Significant at the %1 level, according to Duncan test

آنتوسیانین یک ترکیب فلاونوئیدی است که خاصیت آنتی-اکسیدانی دارد و طی تنش‌های محیطی افزایش می‌یابد.

آنزیم PAL در تشکیل فلاونوئیدها اثر مستقیم دارد (Cheng et al., 2005). فعالیت PAL برای ساختن آنتوسیانین‌ها الزامی است (Lister et al., 1996). فعالیت آنزیم PAL در مراحل نمو گیاه، تمایز سلولی و بافتی و شرایط استرس متفاوت است (Morello et al., 2005). همبستگی منفی آنتوسیانین با شاخص‌های رشد و عملکرد در این بررسی نشان از فعالیت متفاوت آنزیم PAL در هنگام رشد رویشی و تولید آنتوسیانین است.

نتیجه‌گیری

این گیاه در شرایط تنش مختلف خشکی عکس‌العمل منحصر به فردی دارد، به طوری‌که در شرایط رطوبت کافی خاک، توانایی ژنتیکی بالایی جهت استفاده بهینه از پتانسیل محیط دارد. اگرچه تنش خشکی در سطح احتمال یک درصد بر کاهش عملکرد تأثیرگذار بود، و در شرایط تنش شدید از عملکرد آن تا حدودی کاسته شد، اما عملکرد آن قابل قبول است. از طرفی مصرف اسیدهیومیک با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه در شرایط تنش آبی می‌تواند نقش مهمی در جهت کاهش خسارت‌های شرایط تنش‌زا داشته باشد و مهم‌تر آن‌که، جایگزینی کود آلی اسیدهیومیک به جای کودهای شیمیایی، نوید بخش کشاورزی پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی در آینده می‌باشد.

منابع

Ahmad, Y.M., Shahlaby, E.A., and Shnan, N.T. 2011. The use of organic and inorganic cultures in improving vegetative growth, yield characters and antioxidant activity of roselle plants (*Hibiscus sabdariffa* L.). African Journal of Biotechnology 10(11): 1988-1996.

Asadi Kavan, Z., Ghorbanli, M., and Sateei, A. 2010. The effect of drought stress and exogenous ascorbate on photosynthetic pigments, flavonoids, phenol compounds and lipid peroxidation in *Pimpinella anisum* L. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 25(4): 456-469. (In Persian with English Summary)

Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84(1): 7- 14.

Aziz, E., Gad, N., and Badran, N.M. 2007. Effect of cobalt and nickel on plant growth, yield and flavonoids content of *Hibiscus sabdariffa* L. Australian Journal of Basic Applied Sciences 1(2): 73-78.

Babaee, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)

Bettaieb, I., Zakhama, N., Aidi Wannes, W., Kchou, M.E., and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on *Salvia officinalis* fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae 120: 271-27.

Cabuslay, G.S., Ito, O., and Alejal, A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Plant Science 63: 815-827.

Cheng, S.Y., Wang, Y., Liu, W.H., Du, H.W., and Chen, K.S. 2005. Effects of plant growth regulators on phenylalanine ammonia-lyase (PAL) activities in leaves of *Ginkgo biloba*. Journal Plant Resources Environment 14: 20-22.

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

Dunford, N.T., and Vazquez, R.S. 2005. Effect of water stress on plant growth and thymol and carvacrol concentrations in Mexican oregano grown under controlled conditions. Journal of Applied Horticulture 7(1): 20-22.

Gendy, A.S.H., Said-Al Ahl, H.A.H., and Mahmoud, A.A. 2012. Growth, productivity and chemical constituents of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) plants as influenced by cattle manure and biofertilizers treatments. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 6(5): 1-12.

Guvence, I., Dursun, A., Turan, M., Tuzel, Y., Burrage, S.W., Bailey, B.J., Gul, A., Smith, A.R., and Tuncay, O. 1999. Effect of different foliar fertilizers on growth, yield and nutrient content of lettuce and crisp lettuce. Acta Horticulturae 491: 247-252.

Heidari, M., Bakhshandeh, A.M., Nadeyan, H., Fathi, G., and Alami, S. 2006. The effect of different levels salinity and nitrogen on seed yield, uptake and osmotic regulation of Na and K wheat (*Triticum aestivum*) c.v. Chamran. Journal of Horticultural Science 37(3): 501-510. (In Persian with English Summary)

Hoekstra, F.A., Golovina, E.A., and Buitink, J. 2001. Mechanisms of plant desiccation tolerance. Trends in Plant Science 6(9): 431-438.

Howard, A., and Howard, G.L.C. 1911. Studies in Indian fibre plants. No. 2. On some new varieties of *Hibiscus cannabinus* L. and *Hibiscus sabdariffa* L. Genetics and Molecular Biology 4: 9-36.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Lakshmanan, G.M.A., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2008. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 61: 298-303.

Jones, H.G., and Tardieu, F. 1998. Modeling water relations of horticultural crops: a review. Scientia Horticulture 74: 21-46.

Khalid, K.H.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). International Agrophysics 20: 289-296.

Kulikova, N.A., Stepanova, E.V., and Koroleva, O.V. 2005. Mitigating activity of humicsubstances: direct influence on biota. In: I.V. Perminova, et al. (Ed.). Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice. Springer Netherlands 52: 285-309.

Lister, C.E., Lancaster, J.E., and Walker, J.R. 1996. Developmental changes in enzymes biosynthesis in the skins of red and of flavonoid green apple cultivars. Journal of the Science of Food and Agriculture 71: 313-330.

Milena, M., Ramírez-Rodrigues, A., Maria, L., Plaza, A., Alberto Azeredo, A., Murat, O., Balaban, B., Maurice, R., and Marshall, A. 2012. Phytochemical, sensory attributes and aroma stability of dense phase carbon dioxide processed *Hibiscus sabdariffa* beverage during storage. Food Chemistry 134: 1425-1431.

Mirhajian, A. 2012. Humic acid is?. Journal of Agricultural Engineering 33: 7-16. (In Persian with English Summary)

Morello, J.R., Romero, M.P., Ramo, T., and Motilva, M.J. 2005. Evaluation of L-phenylalanine ammonia-lyase activity and phenolic profile in olive drupe (*Olea europaea* L.) from fruit setting period to harvesting time. Plant Science 168: 65-72.

Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and Vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry 34: 1527-1536.

Russo, R.O., and Berlyn, G.P. 1990. The use organic bio stimulants to help low input sustainable agriculture. Journal sustainable agriculture 1(2): 19-42.

Sabzevari, S., and Khazaei, H.R. 2009. The Effect of foliar application with humic acid on growth, yield and yield components of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 1(2): 53-63. (In Persian with English Summary)

Samavat, S., and Malakuti, M. 2005. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical Issue 463: 1-13. (In Persian with English Summary)

Sarker, B.C., Hara, M., and Uemura, M. 2005. Proline synthesis, physiological responses and biomass yield of eggplants during and after repetitive soil moisture stress. Science Horticulture 103: 387-402.

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

Shariff, M. 2002. Effect of lignitic coal derived HA on growth and yield of wheat and maize in alkaline soil. PhD thesis, NWFP Agriculture University Peshawar, Pakistan.

Solar, A., Colaric, M., Usenik, V., and Stampar, F. 2006. Seasonal variations of selected flavonoids, phenolic acids and quinines in annual shoots of common walnut (*Juglans regia* L.). Plant Science 170: 453-461

Sreevalli, Y., Baskaran, K., chandra shekara, R., Kuikkarni, R., Sushil, H., Samresh, D., Kukre, J., Ashok, A., Sharmr Singh, K., Srikant, S., and Rakesh, T. 2001. Preliminary obserration on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. Journal of medicinal and Aromatic plant Science 22: 356-358.

Tan, K.H. 2003. Humic Matter in Soil and the Environment. Marcel Dekker, New York.

Turkmen, O., Demir, S., Sensoy, S., and Dursun, A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humic acid

on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. Journal of Biological Sciences 5(5): 565-574.

Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

Xuenyuanet, G., Xiaorong, W., Zhimany, G., Lemei, D., and Yijun, C. 2001. Effect of humic acid speciation and bioavailability ti wheat of rare earth elements in soil. Chemical Speciation and Bioavailability 13: 83-88.

Zhang, K.M., Yu, H.J., Shi, K., Zhou, Y.H., Yu, J.Q., and Xia, X.J. 2010. Photoprotective roles of anthocyanins in Begonia semperflorens. Plant Science 179(3): 202-208.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 346-358

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 358-346

The Effects of Drought Stress and Humic Acid on Morphological Traits, Yield and Anthocyanin of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.)

M. Sanjarimijani[1]*, A.R. Sirousmehr[2] and B. Fakheri[3]
Submitted: 25-05-2014
Accepted: 10-11-2014

Sanjarimijani, M., Sirousmehr, A.R., and Fakheri, B. 2016. The effects of drought stress and humic acid on morphological traits, yield and anthocyanin of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). Journal of Agroecology 8(3):346-358.

Introduction

Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) as a medicinal plant belongs to the Malvacea family. Their active ingredient increases under water stress. Humic acid bacteria derived from humus and other natural resources have hormonal effects and can improve nutrient absorption to enhance performance especially under stress conditions .

Materials and methods

This experiment was conducted in the research of agricultural education centre Jiroft in 2013. Field experiment was carried out as split plot design with three replications. Water deficit stress set as main factor with three levels (A_1= Irrigation after 50, A_2= 100 and A_3= 150 mm evaporation from pan class A) and humic acid was in four manners (B_1= non humic acid, B_2= once with Irrigation, B_3= once with Irrigation + Once spraying, B_4= once with Irrigation + twice Spraying). Humic acid was used to form Irrigation spray in order to arrange with compactness (10 $kg.ha^{-1}$), (250 ml/100L). In late September, which coincides with the end of the heading, plant height, inflorescence length, number of branches, stem diameter, fresh and dry weight of plant, fresh and dry weight of sepals, were examined. Wagner method was used to measure anthocyanin content sepals (Wagner, 1979). Finally, data was analyzed using SAS 9.1 and means were compared by Duncan's multiple range test at 5% level of probability.

Results and discussion

The analysis of variance showed that drought stress and humic acid had significant effect on growth parameters, vegetative and generative yield and anthocyanin. Drought stress decreased plant height, inflorescence length, stem diameterand fresh and dry weight sepals. The highest values of these traits was obtained in the first level of stress (50 mm evaporation from pan class A). Due to the reduction in mentioned properties, reducing the pressure tolerance and the subsequent reduction in drought conditions was considered as division and cell enlargement. The reduction in growth parameters by drought stress can be due to disorder in photosynthesis and reduction in photosynthetic. The impact of drought on each of growth parameters could finally lead to a change in the performance of the roselle calyx production.

Drought stress increased anthocyanin content. The highest phenolic compounds anthocyanins (0.49 $\mu mol.g^{1}$) was obtained in three level stress (150 mm evaporation from pan class A). Antioxidant flavonoids had protective effect during drought stress and due to the role of anthocyanin in protection from sun during oxidative stress, ROS was directly removed. The results showed a significant interaction between stress and humic acid on number of branches, fresh and dry weight of plants. The highest value of these traits treatment was observed in first level stress (irrigation after 50 mm evaporation from pan class A) and in four level of humic acid (once with irrigation + twice spraying). Plant height, inflorescence length, stem diameter, fresh and dry weight of sepals and anthocyanin were significantly affected by humic acid. The highest value of these traits was obtained in four humic acid (once with irrigation + twice spraying). Humic acid can reduce the effects of drought, increase absorption of water and nutrient and the growth of plants by physiological changes in plant and by improving the physical, chemical and biological characteristics of soil, in order to improve growth parameters, vegetative

1, 2 and 3- MSc Student of Medicinal Plants, Department of Horticulture, Assistant Professor, Department of Agronomy and Associated Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: sanjarimojgan@yahoo.com)

and generative yield and anthocyanin in the experiment.

Conclusion

Sufficient moisture in the soil and high genetic potential for optimum usage of the potential environment are essential for plants. The amount of humic acid due to its role in improving the nutritional conditions of the plant can play an important role in offseting the harmful effects of drought stress on the plant.

Keywords: Bio-fertilizer, Calyx yield, Drought stress, Medicinal plant

References

Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutralsugars, free amino acids and anthocyanins in protoplasts. Plant Physiology 64: 88-93.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 359-372

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص.372-359

ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری *تیوباسیلوس* و محلول‌پاشی آهن و روی

الناز داوران حق[1]، بهرام میرشکاری[2*]، محمدرضا اردکانی[3]، فرهاد فرح‌وش[4] و فرهاد رجالی[5]

تاریخ دریافت: 1393/03/06
تاریخ پذیرش: 1393/07/13

داوران حق، ا.، میرشکاری ب.، اردکانی، م.ر.، فرحوش، ف.، و رجالی، ف. 1395. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفی ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری *تیوباسیلوس* و محلول‌پاشی آهن و روی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3):372-359.

چکیده

در دنیای امروز، ذرت (*Zea mays* L.) به عنوان یک غذای با ارزش برای تغذیه انسان و دام می‌باشد. به منظور بررسی اثر مدیریت تلفیقی عناصر غذایی بر عملکرد و کیفیت ذرت این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز در سال 1391، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از چهار تیمار: ورمی‌کمپوست (عدم مصرف کود و کاربرد دو تن در هکتار)، تلقیح با *Thiobacillus* (بدون تلقیح و تلقیح با *Thiobacillus thiooxidans*)، تیمار محلول‌پاشی آهن (بدون محلول‌پاشی و دوبار محلول‌پاشی دو در هزار کلات آهن 13 درصد) و محلول‌پاشی عنصر روی (شاهد و دوبار محلول‌پاشی دو در هزار کلات روی 15 درصد) بود. نتایج حاصل از آزمایش نشان دادند که ورمی‌کمپوست بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، آهن، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوی روی و پروتئین تأثیر معنی‌دار داشت. اثر تلقیح بذر ذرت با باکتری *تیوباسیلوس* بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری به استثناء ارتفاع ساقه معنی‌دار بود. تیمار محلول‌پاشی آهن نیز بر صفات ارتفاع ساقه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و محتوی آهن دانه تأثیر معنی‌دار داشت. اثر محلول‌پاشی روی هم بر صفات تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه، عملکرد دانه، محتوی روی دانه و پروتئین دانه اثر معنی‌دار نشان داد. نتایج مقایسه میانگین نیز نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست، باکتری *تیوباسیلوس* و محلول‌پاشی آهن و روی عملکرد دانه ذرت را به ترتیب به میزان 20/9 درصد، 13/1 درصد، 5/8 درصد و 8/0 درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. نتایج به طور کل نشان داد که استفاده از ورمی‌کمپوست، باکتری *تیوباسیلوس* و محلول‌پاشی آهن و روی بر کیفیت دانه ذرت، اجزای عملکرد و عملکرد در ذرت اثر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: پروتئین، عناصر کم‌مصرف، غنی‌سازی مواد غذایی، کود بیولوژیک

مقدمه

محصولات غذایی اصلی اغلب در برخی مواد مغذی دچار کمبود هستند که به صورت سوء تغذیه یا گرسنگی پنهان در مورد عناصر ریزمغذی مانند آهن (Fe) و روی (Zn) بیش از 40 درصد جمعیت جهان به خصوص در کشورهای در حال توسعه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tucker, 2003). به فرآیند افزودن مواد مغذی به محصولات کشاورزی غنی‌سازی محصولات غذایی[6] گفته می‌شود که از طریق به‌نژادی گیاهان، مدیریت زراعی یا مهندسی ژنتیک انجام می‌شود (Tanumihardjo et al., 2008). ریزمغذی‌هایی که اکنون

1، 2، 3، 4 و 5- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز و استادیار، مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: mirshekari@iaut.ac.ir)

6- Biofortification

هدف این برنامه غنی‌سازی هستند آهن، روی و پیش‌ماده ویتـامین A می‌باشند (Rawat et al., 2013).

کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌دار بر تولید غذا در جهان داشـته و از اجزا مهم نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهند بـیش از 50 درصـد تولیـد در کشـاورزی بـه کـاربرد کودهـای شیمیایی مربوط مـی‌شـود (Fixon & West, 2002). در سـال‌هـای اخیر افزایش نگرانی مصرف‌کنندگان در مورد مشکلات کیفیت غذایی، سلامت محیط زیست و حفاظت خاک منجر بـه افـزایش گـرایش بـه کشاورزی پایدار شده است (Lazcano et al., 2011). در نظام‌هـای کشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی اهمیت ویژه‌ای در تولید و حفـظ حاصـلخیزی پایـدار خـاک دارنـد (Sharma, 2004). ورمـی‌کمپوست از تخریب هوازی مواد آلی ایجاد می‌شود کـه ایـن تخریـب شیمیایی با فعالیت آنزیمی در روده‌های کرم‌ها و همچنین آنـزیم‌هـای همراه با جمعیت میکروبی صورت می‌گیرد. ورمی‌کمپوست یـک کـود آلی است که می‌توانـد کیفیـت غـذایی را بـدون تـداخل بـا سـلامت محصولات غذایی بهبود دهد (Simsek-Ersahin, 2011). این کود آلی ساختمان فیزیکی خاک را بهبـود مـی‌دهـد و ظرفیـت نگـه‌داری رطوبت موجود در خاک را افزایش می‌دهد. همچنین از آبشویی عناصر غذایی جلوگیری می‌کند و عناصر را تدریجی و پیوسـته آزاد مـی‌کنـد (Galli et al., 1990; Rantala et al., 1999). با توجه به این‌که در تولید این کود از مواد شیمیایی استفاده نمی‌شود، محصولات کشاورزی تولید شده کـاملاً طبیعـی مـی‌باشـند (Alizadeh et al., 2009). در آزمایشات مختلف، تأثیر ورمی‌کمپوست بر گیاهان زراعی مورد بررسی قرار گرفته است. راماسمی و همکـاران (Ramasamy et al., 2013) عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) تحت تأثیر مصرف ورمی‌کمپوست را مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد سبب افزایش میزان و اندازه دانه ذرت نسبت به گیاهـان شـاهد شـده است. موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2012) گزارش کردنـد که استفاده از ورمی‌کمپوست موجب افزایش عملکرد و کاهش میـزان دانه پوک در خوشه برنج (*Oriza sativa* L.) شده است. همچنین در آزمایشی تأثیر ورمی‌کمپوست بر خصوصیات رشدی، عملکرد و کیفیت دانه گندم گزارش شده است که ورمی‌کمپوست با کم‌ترین میزان هـم تأثیر مطلوبی را نشان داد و کـاربرد اقتصـادی و بـدون زیـان ورمـی‌کمپوست را تأیید نموده است (Joshi et al., 2013).

عناصر ریزمغذی برای رشد طبیعی گیاهـان مـورد نیـاز هسـتند و ضمن شرکت در برخی ساختارهای اندامک‌ها، در بسیاری از واکـنش‌های بیوشیمیایی گیاه دخالت دارند (Kamaraki & Galavi, 2012). محتوی مواد غذایی خاک ممکن است همیشه برای تأمین نیـاز گیـاه کافی نباشد. عرضه مقادیر مناسب عناصر معدنی بـه گیاهـان در حـال رشد روش مناسبی برای بهبود عملکـرد گیاهـان زراعـی اسـت. اکثـر عناصر ریزمغذی در خاک‌های قلیایی تثبیت شده و ریشه گیاه قادر به جذب کافی آن‌ها از خاک نمـی‌باشـد (Cakmak, 2008). کودهـای ریزمغذی چهار درصد از کل کودهـای مصـرفی را در جهـان تشـکیل می‌دهند اما در ایران این مقدار در حدود 0/17 درصد است. سه عنصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بیش از سایر عناصر در امـر تغذیـه ذرت نقش دارند (Malakouti & Tehrani, 2008). از راهکارهای مهـم جهت افزایش میزان غلظت عناصر کم‌مصرف در دانه، کـوددهی و یـا محلول‌پاشی گیاهان است (Cakmak, 2002). مطالعـات نشـان داده اسـت کـه کـاربرد عناصـر ریزمغـذی آهـن و روی موجـب بهبـود شاخص‌هـای فیزیولوژیـک در ذرت شـده اسـت (Ghaffari et al., 2010). بنـا بـر گزارشـات فتحـی و عنایـت قلـی‌زاده (Fathi & Enayatgholizadeh, 2009) تأثیر محلول‌پاشـی عناصـر ریزمغـذی آهن، روی و مس و ترکیب آن‌ها را بر خصوصـیات رشـدی گیـاه جـو (*Hordeum vulgare* L.) ارزیابی کردند و دریافتند که محلول‌پاشـی اثر مثبتی بر رشد رویشی و زایشی جو داشته است. کمـارکی و قلـوبی (Kamaraki & Galavi, 2012) نیز تأثیر محلول‌پاشی آهـن و روی را بر گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) بررسی نمودند و گزارش کردند که ارتفاع بوتـه، عملکـرد دانـه و بیولوژیـک، وزن هـزار دانـه، شاخص برداشت و درصد پروتئین و روغن تحت تـأثیر محلـول‌پاشـی قرار گرفته است و بیش‌ترین درصد پروتئین و روغن در تیمار ترکیبـی روی و آهن به دست آمده است.

علاوه بر محلول‌پاشی، اسیدی کردن خاک و کـاهش pH نیـز از راه‌هایی است که توسط آن می‌توان از قدرت تثبیت خاک کاست تا بر حلالیت عناصر غذایی افزوده شود. در این بین گوگرد از متداول‌تـرین و مقرون به صرفه‌ترین مواد برای اسیدی کردن خـاک اسـت (Kaya et al., 2009). استفاده از گوگرد و ریزجانـداران اکسـیدکننده آن بـه عنوان یک راه حل زیستی فاقد پیامدهای مخرب زیست‌محیطی است که به عنوان راهکاری جهت بهبود وضعیت تغذیه گیاهـان در خـاک‌های آهکی و قلیایی در سال‌های اخیر مورد توجه فراوان قرار گرفته و نتایج مثبتی به همراه داشته است (Siyami & Besharati, 2012).

طیف وسیعی از ریزجانداران قادر به اکسایش گوگرد در محیط هستند که از بین آن‌ها فقط باکتری‌های هتروتروف، به ویژه جنس *تیوباسیلوس* (*Thiobacillus thiooxidans*) نقش مهمی در اکسایش گوگرد خاک‌های زراعی ایفا می‌کنند (Tate, 1995). باکتری‌های *تیوباسیلوس* شیمیوتروف بوده و انرژی خود را با اکسیداسیون گوگرد تأمین می‌کنند (Tisdale et al., 1984).

با توجه به اهمیت بهبود کیفیت غذایی دانه ذرت و گرایش به سمت کشاورزی پایدار، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر ورمی-کمپوست، محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن و روی و تأثیر باکتری *Thiobacillus* بر خصوصیات کمی و کیفی دانه ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز (طول جغرافیایی 46 درجه و 17 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 38 درجه و 5 دقیقه شمالی) در سال 1391 انجام گرفت. جهت تعیین خصوصیات فیزیکی شیمیایی خاک هفت نمونه خاکی به طور تصادفی از نقاط مختلف مزرعه از عمق 0-30 سانتی‌متری خاک گرفته شد. همه نمونه‌ها مخلوط شدند و یک نمونه برای تجزیه در آزمایشگاه خاک به دست آمد. نتایج آزمایش خاک نشان داد که خاک محل بررسی شنی-لومی (14 درصد رس، 16 درصد سیلت و 70 درصد شن) با واکنش 8/05 و هدایت الکتریکی $dS.m^{-1}$ 1/55 بوده است. سایر خصوصیات خاک در جدول 1 نشان داده شده است.

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و چهار عامل انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل ترکیبی از سطوح چهار عامل به شرح ذیل بودند:

(1) ورمی‌کمپوست (شاهد یا عدم مصرف ورمی‌کمپوست و کاربرد دو تن در هکتار ورمی‌کمپوست به‌صورت نواری قبل از کاشت در زیر بذر)، (2) تلقیح با *Thiobacillus* (بدون تلقیح و تلقیح با *Thiobacillus thiooxidans* با جمعیت 10^8 سلول در گرم، (3) محلول‌پاشی آهن (بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی دو در هزار کلات آهن 13 درصد شرکت Green®, Italy)، محلول‌پاشی دوبار انجام شد: یکی در مرحله ظهور تاسل و دیگری دو هفته بعد، (4) محلول‌پاشی روی (Zn) (شاهد و دو در هزار کلات روی 15 درصد شرکت Green®, Italy)، این محلول‌پاشی نیز دوبار در مرحله ظهور تاسل و دیگری دو هفته بعد صورت گرفت.

ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش که از منبع گاوی بود به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج آن در جدول 2 ذکر شده است. pH آن 7/4، نسبت C/N آن 21 و مقدار مواد آلی آن 40 درصد بود.

به منظور افزایش فعالیت بیولوژیکی و افزایش حاصلخیزی خاک قبل از کشت ذرت در همه کرت‌ها قارچ میکوریزا، کودهای نیتروژن، فسفر و گوگرد به کار برده شد. میکوریزا *Glomus intraradices* به صورت نواری در زیر ردیف بذرها استفاده شد. *Azospirillum lipoferum* با جمعیت 2×10^8 به بذرها آغشته شد. به علاوه، 75 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به شکل اوره و 50 کیلوگرم در هکتار کود فسفره به شکل سوپرفسفات‌تریپل (بعد از تجزیه خاک توسط آزمایشگاه پیشنهاد شد) به کرت‌ها اضافه شد. باکتری *تیوباسیلوس* به صورت مخلوط با گوگرد (150 کیلوگرم در هکتار گوگرد با خلوص 98 درصد) قبل از کشت تلقیح شدند. مایه تلقیح با جمعیت 10^8 سلول در گرم به میزان سه کیلوگرم در هکتار از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل مورد بررسی
Table 1- Physico-chemical properties of the test site soil

عمق (سانتی-متر) Depth (cm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	مواد خنثی شونده (درصد) Total neutralizing value (%)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل جذب (پی‌پی‌ام) P Assimilable form (ppm)	پتاسیم قابل جذب (پی‌پی‌ام) K Assimilable form (ppm)	آهن (میلی-گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی-گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی-گرم بر کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)
0-30	1.15	11.25	0.126	20.7	370	4.2	3.6	1.1	0.96

جدول 2- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Physico-chemical properties of the applied vermicompost

رطوبت (درصد) Moisture (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) Electrical conductivity ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)	کلسیم (درصد) Ca (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	سدیم (درصد) Na (%)	آهن (میلی-گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی-گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	منگنز (میلی-گرم بر کیلوگرم) Mn ($mg.kg^{-1}$)	مس (میلی-گرم بر کیلوگرم) Cu ($mg.kg^{-1}$)
25	1.12	25	1.4	1.8	2.2	1	1.2	0.8	3300	110	450	20

بذرهای ذرت (*Zea mays* L. var. popcorn KSC. 600) بعد از آغشته شدن به باکتری *Azospirillum lipoferum* با تراکم 66000 گیاه در هکتار کشت شدند. آبیاری پس از تبخیر 70 میلی‌متر از سطح تشتک تبخیر انجام می‌گرفت.

تعداد 10 گیاه از ردیف‌های میانی هر کرت برداشت شد و عملکرد دانه آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ریزمغذی‌ها، پنج گیاه دیگر از هر کرت در زمانی که بذرها در مرحله خشکی بودند برداشت شدند و در آون 70 درجه سانتی‌گراد برای 72 ساعت خشک شدند. سپس نمونه‌ها آسیاب و تجزیه شدند. نیتروژن با روش کجلدال، فسفر با اسپکتروفتومتر، آهن و روی در دانه با روش جذب اتمی اندازه‌گیری شد. مقدار پروتئین نیز با ضرب مقدار درصد نیتروژن در عدد 5/25 به دست آمد.

در پایان داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS, 9.1، پس از بررسی نرمال بودن تجزیه شدند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثر ورمی‌کمپوست

کاربرد ورمی‌کمپوست بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، آهن، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، محتوی روی و پروتئین تأثیر معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول 3). نتایج نشان داد که ورمی‌کمپوست موجب افزایش وزن هزار دانه ذرت نسبت به تیمار شاهد شده است (جدول 4). باب گوهری و همکاران (Babgohari et al., 2010) نیز گزارش کردند که کاربرد کمپوست زباله شهری وزن هزار دانه ذرت را افزایش می‌دهد و این تأثیر به نقش مثبت کود در پرشدگی دانه ذرت و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی در طی دوره رشد ذرت نسبت داده شد. همچنین ورمی‌کمپوست موجب افزایش 15 درصدی تعداد دانه در بلال نسبت به عدم استفاده از آن شد. ارتفاع ساقه و قطر ساقه ذرت نیز با استفاده از ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد افزایش نشان داد. استفاده از ورمی-کمپوست موجب افزایش 31 سانتی‌متری ارتفاع ساقه ذرت نسبت به شاهد شد. سیدی و رضوانی مقدم (Seyyedi & Rezvani Moghaddam, 2011) افزودن کمپوست قارچ به بستر کشت گندم (*Triticum aestivum* L.) را سبب افزایش ارتفاع بوته گندم گزارش کردند. این اثر مثبت ممکن است به قابلیت تحریک‌کنندگی فعالیت میکروب‌های مفید خاک توسط ورمی‌کمپوست و افزایش جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف و در نتیجه بهبود فرآیند فتوسنتز مربوط باشد (Arguello et al., 2006). همچنین استفاده از ورمی‌کمپوست موجب افزایش حدود 10 درصد عملکرد بیولوژیک نسبت به عدم استفاده شد (جدول 4). در همین ارتباط درزی و همکاران (Darzi et al., 2008) در تحقیقی بر گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) نشان دادند که مصرف شش تن ورمی‌کمپوست سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. آن‌ها اظهار داشتند که افزودن ورمی‌کمپوست به خاک نه تنها فراهمی عناصر غذایی را افزایش می‌دهد بلکه بر وضعیت فیزیکی خاک هم مؤثر بوده و با بهبود محیط رشد ریشه سبب رشد اندام‌های هوایی و به تبع آن افزایش ماده خشک می‌شود.

در این آزمایش استفاده از ورمی‌کمپوست عملکرد دانه را 17 درصد نسبت به شاهد (عدم استفاده) افزایش داد (جدول 4). اختلاط ورمی‌کمپوست با خاک سبب افزایش عملکرد دانه در گندم نسبت شاهد می‌شود (Sebti et al., 2009). سعید نژاد و رضوانی مقدم (Saeed Nejad & Rezvani Moghaddam, 2010) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) نسبت به شاهد اثر معنی‌داری داشته و سبب افزایش آن شده است.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارها بر صفات مورد ارزیابی در این آزمایش

Table 3- Analysis of variances (mean squares) of the effect of treatments on the measured traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	تعداد دانه در بلال Number of seed per ear	ارتفاع ساقه Stem height	قطر ساقه Stem diameter	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	عملکرد دانه Seed yield	آهن Fe	روی Zn	پروتئین Protein
تکرار Replication	2	25.7	20241.9	595.2	0.016	1381966.08	934464.0	973.0	253.6	0.04
ورمی‌کمپوست V	1	3864.6**	170513.2**	11477.8**	0.87**	54852528**	29148625.5**	1102**	1190.0**	22.92**
تیوباسیلوس B	1	173.6*	45872.9**	45.5^{ns}	2.7**	18376875**	12250291.6**	1008.3**	475.0**	11.87**
آهن F	1	22.2^{ns}	Ns339.3^{ns}	424.5**	0.01^{ns}	4140700*	2573817.1**	1140.7**	77.5^{ns}	1.02^{ns}
روی Z	1	38.3^{ns}	9202.4*	267.1*	0.008^{ns}	555130^{ns}	4869865.0**	Ns70.08	256.6**	5.42**
ورمی کمپوست× *تیوباسیلوس* V×B	1	52.2^{ns}	14330.64**	87.03^{ns}	0.50**	5.33^{ns}	3177037.5**	126.7^{ns}	2.52^{ns}	0.20^{ns}
ورمی‌کمپوست×آهن V×F	1	5.2^{ns}	17.6^{ns}	18.4^{ns}	0.002^{ns}	418506.7^{ns}	108775.5^{ns}	33.3^{ns}	67.6^{ns}	0.42^{ns}
ورمی‌کمپوست×روی V×Z	1	5.95^{ns}	1251.7^{ns}	6.19^{ns}	0.005^{ns}	26790.7^{ns}	382168.5^{ns}	0.000001^{ns}	7.52^{ns}	0.01^{ns}
تیوباسیلوس×آهن B×F	1	2.66^{ns}	27.1^{ns}	8.12^{ns}	0.002^{ns}	38874^{ns}	2898.5^{ns}	420.08*	54.1^{ns}	0.09^{ns}
تیوباسیلوس×روی B×Z	1	7.28^{ns}	2081.91^{ns}	28.9^{ns}	0.001^{ns}	14076.7^{ns}	11563^{ns}	2.08^{ns}	72.5^{ns}	0.02^{ns}
آهن×روی F×Z	1	0.42^{ns}	700.5^{ns}	0.105^{ns}	0.0001^{ns}	29205.3^{ns}	74497.5^{ns}	1.33^{ns}	31.6^{ns}	0.09^{ns}
ورمی‌کمپوست× *تیوباسیلوس*×آهن V×B×F	1	4.62^{ns}	132.06^{ns}	3.38^{ns}	0.001^{ns}	611556.7^{ns}	270450.1^{ns}	40.3^{ns}	4.68^{ns}	0.03^{ns}
ورمی- کمپوست× *تیوباسیلوس*×روی V×B×Z	1	6.09^{ns}	2360.6^{ns}	23.03^{ns}	0.0002^{ns}	59220.7^{ns}	354492.1^{ns}	0.000001^{ns}	11.02^{ns}	0.01^{ns}
ورمی‌کمپوست×آهن×روی V×F×Z	1	3.05^{ns}	1239.5^{ns}	1.095^{ns}	0.0003^{ns}	2523.0^{ns}	29057.5^{ns}	0.08^{ns}	2.52^{ns}	0.08^{ns}
تیوباسیلوس×آهن×روی B×F×Z	1	4.75^{ns}	1417.8^{ns}	2.87^{ns}	0.003^{ns}	13200.3^{ns}	4389.1^{ns}	0.08^{ns}	46.02^{ns}	0.55^{ns}
ورمی‌کمپوست× *تیوباسیلوس*×آهن×روی V×B×F×Z	1	1.88^{ns}	861.7^{ns}	0.22^{ns}	0.0001^{ns}	7203.0^{ns}	176297.5^{ns}	0.33^{ns}	7.52^{ns}	0.06^{ns}
خطا Error	30	32.05^{ns}	2195.2^{ns}	60.1^{ns}	0.03^{ns}	970684.0^{ns}	292064.3^{ns}	86.6^{ns}	26.2^{ns}	0.65^{ns}
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	3.01	6.11	3.47	4.40	4.39	6.56	11.59	13.1	8.37

V: ورمی‌کمپوست، B: *تیوباسیلوس*، F: محلول‌پاشی آهن و Z: محلول‌پاشی روی

V: Vermicompost, B: *Thiobacillus*, F: Iron spraying and Z: Zinc spraying

*، ** و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

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

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات ورمی‌کمپوست، *تیوباسیلوس*، محلول‌پاشی آهن و محلول‌پاشی روی بر صفات مورد ارزیابی در ذرت

Table 4- Effects of vermicompost, *Thiobacillus*, iron spraying and zinc spraying on the measured traits of corn

تیمار Treatment	وزن هزاردانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	تعداد دانه در بلال Number of seed per ear	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Biologic yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg^{-1})	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg^{-1})	پروتئین (درصد) Protein (%)
V_0	178.5^{b*}	706.8^{b}	207.7^{b}	3.84^{b}	21352.7^{b}	7457.2^{b}	75.45^{b}	34.12^{b}	8.95^{b}
V_1	196.4^{a}	826.0^{a}	238.7^{a}	4.11^{a}	23490.7^{a}	9015.8^{a}	85.04^{a}	44.08^{a}	10.33^{a}
B_0	185.5^{b}	753.5^{b}	222.2^{a}	3.73^{b}	21802.9b	7731.3b	75.66^{b}	35.95^{b}	9.14^{b}
B_1	189.5^{a}	797.3^{a}	224.2^{a}	4.21^{a}	23040.4a	8741.7b	84.83^{a}	42.25^{a}	10.14^{a}
F_0	186.8^{a}	763.8^{a}	220.2^{b}	3.96^{a}	22128.0^{b}	8004.9^{b}	75.37^{b}	37.83^{a}	9.49^{a}
F_1	188.1^{a}	769.1^{a}	226.2^{a}	3.99^{a}	22715.4^{a}	8468.0^{a}	85.12^{a}	40.37^{a}	9.78^{a}
Z_0	186.6^{a}	752.6^{b}	220.8^{a}	3.98^{a}	22314.1^{a}	7918.0^{b}	79.04^{a}	36.79^{b}	9.30^{b}
Z_1	188. 3^{a}	780.3^{a}	225.6^{b}	3.96^{a}	22529.2^{a}	8555.0^{a}	81. 45^{a}	41. 41^{a}	9.97^{a}

V_0: بدون ورمی‌کمپوست، V_1: با ورمی‌کمپوست، B_0: بدون *تیوباسیلوس*، B_1: با *تیوباسیلوس*، F_0: بدون محلول‌پاشی آهن، F_1: با محلول‌پاشی آهن، Z_0: بدون محلول‌پاشی روی و Z_1: با محلول‌پاشی روی

V_0: without vermicompost, V_1: with vermicompost, B_0: without *Thiobacillus*, B_1: with *Thiobacillus*, F_0: without iron spraying, F_1: with iron spraying, Z_0: without zinc spraying and Z_1: with zinc spraying

* حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد می‌باشد.

* Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.01 based on Duncans' test.

افزایش در اجزاء عملکرد گیاه موجب افزایش در عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه تولیدی می‌شود. علاوه بر این مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش میزان آهن موجود در ذرت نسبت به شاهد شد. استفاده از ورمی‌کمپوست افزایش 12 درصد میزان آهن در دانه ذرت را در پی داشت. تیمار با ورمی‌کمپوست میزان روی موجود در ذرت را نیز به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد (جدول 4). در پژوهشی افزایش میزان آهن و روی در میوه گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) به دلیل استفاده از ورمی‌کمپوست گزارش شده است (Bahrampour & Sharifi Ziveh, 2013). ورمی‌کمپوست تیمار مناسبی برای افزایش جذب عناصر میکرو است و افزودن ورمی‌کمپوست به خاک مقدار مواد غذایی گیاه را افزایش می‌دهد. افزایش میزان عناصر کم‌مصرف به خصوص آهن و روی با استفاده از ورمی‌کمپوست توسط جهانی و همکاران (Jahani et al., 2011) در ذرت، نادی و همکاران (Nadi et al., 2011) در پسته (*Pistacia vera* L.) و لوین و راویمیسن (Lenin & Ravimycin, 2013) در بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) هم گزارش شده است. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد که تأثیر ورمی‌کمپوست بر میزان پروتئین موجود در ذرت معنی‌دار بود و موجب افزایش آن نسبت به شاهد شد (جدول 4). جوشی و همکاران (Joshi et al., 2013) نیز دریافتند که استفاده از ورمی‌کمپوست میزان پروتئین گندم را نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. نیتروژن نقش مهمی در ترکیبات پروتئینی لازم برای فرآیندهای متابولیکی که در طی رشد گیاه رخ می‌دهد بازی می‌کند (Weisany et al., 2013). هرناندز و همکاران (Hernandez et al., 2010) گزارش کردند که استفاده از ورمی‌کمپوست سبب افزایش میزان نیتروژن در کاهو (*Lactuca sativa* L.) شده است.

اثر باکتری *تیوباسیلوس*

اثر تلقیح بذر ذرت با باکتری *تیوباسیلوس* بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری به استثناء ارتفاع ساقه معنی‌دار بود (جدول 3). گوگرد مصرف شده در خاک زمانی مؤثر بوده و موجب آزادسازی عناصر تثبیت شده خواهد شد که در خاک اکسایش یافته و تولید اسید سولفوریک نماید و اسید هم موجب افزایش حلالیت عناصر تثبیت شده و جذب آن‌ها توسط گیاه شود. اکسایش گوگرد در خاک عمدتاً به صورت زیستی و توسط ریزجانداران از جمله باکتری‌های *تیوباسیلوس* صورت می‌گیرد (Besharati & Saleh Rastin, 2000). نتایج این آزمایش نشان دادند که تلقیح باکتری *تیوباسیلوس* موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه ذرت نسبت به عدم تلقیح با باکتری شد.

همچنین تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه و قطر ساقه نیز در تیمار تلقیح شده با باکتری افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند. عملکرد بیولوژیک در تیمارهای تلقیح یافته با باکتری *تیوباسیلوس* به طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش نشان داد. همچنین عملکرد دانه حدود 12 درصد با تلقیح با باکتری افزایش نشان داد. استفاده از باکتری *تیوباسیلوس* میزان آهن موجود در ذرت را بیش از 10 درصد نسبت به عدم استفاده افزایش داد. به علاوه، میزان روی و پروتئین موجود در ذرت هم به ترتیب 15 و 10 درصد در تیمارهای تلقیح شده با باکتری نسبت به شاهد افزایش یافتند (جدول 4).

ال تارابیلی و همکاران (El.Tarabily et al., 2006) گزارش کردند که باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد که از خاک‌های شنی آهکی استخراج شده بودند به طور معنی‌دار عملکرد و جذب مواد غذایی را در ذرت افزایش دادند. شرفی و همکاران (Sharafi et al., 2010) اثر باکتری *تیوباسیلوس* را در افزایش عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد غلاف و تعداد شاخه فرعی در کلزای پاییزه (*Brassica napus* L.) گزارش کردند که این نتایج با نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر مطابقت دارد.

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه ورمی‌کمپوست، *تیوباسیلوس*، محلول‌پاشی آهن و محلول‌پاشی روی بر صفات مورد ارزیابی در ذرت

Table 5- Effects of the two-fold interactions of vermicompost, *Thiobacillus*, iron spraying and zinc spraying on the measured traits of corn

تیمار Treatment	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	تعداد دانه در بلال Number of seed per ear	ارتفاع ساقه (سانتی-متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe ($mg.kg^{-1}$)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn ($mg.kg^{-1}$)	پروتئین (درصد) Protein (%)
V_0B_0	175.5^{c*}	658.6^{c}	210.1^{b}	3.49^{c}	20733.0^{d}	6694.8^{d}	69.25^{b}	30.7^{c}	8.52^{c}
V_0B_1	181.4^{b}	755.0^{b}	205.4^{b}	4.18^{a}	21971.3^{c}	8219.7^{c}	81.66^{a}	37.5^{b}	9.38^{b}
V_1B_0	195.6^{a}	812.4^{a}	238.0^{a}	3.97^{b}	22872.3^{b}	8767.8^{b}	82.08^{a}	41.1^{b}	9.77^{b}
V_1B_1	197.3^{a}	839.7^{a}	239.0^{a}	4.25^{a}	24109.1^{a}	9263.7^{a}	88.00^{a}	47.0^{a}	10.8^{a}
V_0F_0	177.5^{b}	703.6^{b}	204.1^{c}	3.81^{b}	21152.3^{b}	7273.3^{c}	69.75^{b}	36.5^{b}	8.71^{b}
V_0F_1	179.5^{b}	710.1^{b}	211.3^{b}	3.86^{b}	21553.0^{b}	7641.2^{c}	81.16^{a}	31.6^{c}	9.19^{b}
V_1F_0	196.1^{a}	824.0^{a}	236.3^{a}	4.10^{a}	23103.6^{a}	8736.6^{b}	81.00^{a}	44.1^{a}	10.28^{a}
V_1F_1	196.8^{a}	828.1^{a}	241.0^{a}	4.12^{a}	23877.8^{a}	9294.9^{a}	89.08^{a}	44.0^{a}	10.38^{a}
V_0Z_0	177.2^{b}	687.9^{b}	205.5^{b}	3.81^{b}	21268.8^{b}	7227.9^{d}	74.20c	31.4c	8.60c
V_0Z_1	179.7^{b}	725.8^{b}	210.5^{b}	3.86^{b}	21436.6^{b}	7686.5^{c}	76.60^{bc}	36.8^{b}	9.30^{b}
V_1Z_0	195.9^{a}	817.3^{a}	236.7^{a}	4.10^{a}	23359.5^{a}	8608.0^{b}	83.80^{ab}	42.1^{a}	10.01^{a}
V_1Z_1	197.0^{a}	834.8^{a}	240.7^{a}	4.11^{a}	23621.8^{a}	9423.5^{a}	86.20^{a}	46.0^{a}	10.65^{a}
B_0F_0	184.6^{b}	732.1^{b}	220.8^{ab}	3.71^{b}	21537.7^{c}	7507.5^{c}	67.80^{b}	35.7^{b}	8.95^{b}
B_0F_1	186.5^{ab}	738.9^{b}	227.6^{a}	3.75^{b}	22068.2^{bc}	7955.1^{c}	83.50^{a}	36.1^{b}	9.33^{b}
B_1F_0	188.9^{ab}	795.4^{a}	219.7^{b}	4.20^{a}	22718.3^{ab}	8502.3^{b}	82.90^{a}	44.5^{a}	10.03^{a}
B_1F_1	189.8^{a}	799.2^{a}	224.8^{ab}	4.22^{a}	23362.6^{a}	8981.0^{a}	86.70^{a}	39.9^{b}	10.24^{a}
B_0Z_0	184.3^{b}	715.1^{c}	221.8^{a}	3.71^{b}	21712.5^{b}	7397.3^{c}	74.25^{c}	32.4^{b}	8.78^{c}
B_0Z_1	186.7^{ab}	755.9^{b}	227.3^{a}	3.75^{b}	21893.3^{b}	8065.3^{b}	77.08^{bc}	39.5^{a}	9.50^{b}
B_1Z_0	188.8^{ab}	790.1^{ab}	220.6^{a}	4.21^{a}	22915.8^{a}	8438.7^{b}	83.80^{ab}	41.1^{a}	9.82^{ab}
B_1Z_1	189.9^{a}	804.6^{a}	223.8^{a}	4.22^{a}	23165.1^{a}	9044.7^{a}	85.80^{a}	43.3^{a}	10.45^{a}
F_0Z_0	185.8^{a}	746.1^{a}	217.9^{b}	3.94^{a}	22045.1^{a}	7647.0^{c}	74.30^{c}	37.2b	9.20^{b}
F_0Z_1	187.3^{a}	781.4^{a}	222.5^{ab}	3.97^{a}	22210.8^{a}	8362.8^{ab}	76.40^{bc}	43.5a	9.40^{b}
F_1Z_0	187.8^{a}	759.1^{a}	223.8^{ab}	3.98^{a}	22583.2^{a}	8188.9^{b}	83.70^{ab}	36.3b	9.78^{ab}
F_1Z_1	188.9^{a}	779.1^{a}	228.6^{a}	4.00^{a}	22847.6^{a}	8747.2^{a}	86.50^{a}	39.3ab	10.17^{a}

V_0: بدون ورمی‌کمپوست، V_1: با ورمی‌کمپوست، B_0: بدون *تیوباسیلوس*، B_1: با *تیوباسیلوس*، F_0: بدون محلول‌پاشی آهن، F_1: با محلول‌پاشی آهن، Z_0: بدون محلول‌پاشی روی و Z_1: با محلول‌پاشی روی

V_0: without vermicompost, V_1: with vermicompost, B_0: without *Thiobacillus*, B_1: with *Thiobacillus*, F_0: without iron spraying, F_1: with iron spraying, Z_0: without zinc spraying and Z_1: with zinc spraying

* حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد می‌باشد.

* Means in a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.01$ based on Duncans' test.

جدول 6- مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه ورمی‌کمپوست، *تیوباسیلوس*، محلول‌پاشی آهن و محلول‌پاشی روی بر صفات مورد ارزیابی در ذرت

Table 6- Effects of the three-fold interactions of vermicompost, *Thiobacillus*, iron spraying and zinc spraying on the measured traits of corn

تیمار Treatment	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	تعداد دانه در بلال Number of seed per ear	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Biologic yield (kg.ha^{-1})	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg^{-1})	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg^{-1})	پروتئین (درصد) Protein (%)
$V_0B_0F_0$	174.0^{c*}	653.0^{c}	205.8^{bc}	3.46^{d}	20448.8^{f}	6443.5^{d}	59.6^{c}	31.8^{c}	8.26^{c}
$V_0B_0F_1$	177.1^{bc}	664.3^{c}	214.3^{b}	3.53^{d}	21018.3^{ef}	6946.0^{d}	78.8^{ab}	29.6^{c}	8.70^{cd}
$V_0B_1F_0$	181.0^{bc}	754.2^{b}	202.5^{c}	4.17^{abc}	21855.8^{de}	8103.0^{c}	79.8^{ab}	41.3^{ab}	9.16^{bcd}
$V_0B_1F_1$	181.9^{b}	755.9^{b}	208.3^{bc}	4.19^{ab}	22087.7^{cde}	8336.3^{bc}	83.5^{ab}	33.6^{c}	9.60^{bc}
$V_1B_0F_0$	195.3^{a}	811.2^{ab}	235.8^{a}	3.96^{c}	22626.5^{bcd}	8571.5^{bc}	76.0^{b}	40.5^{b}	9.64^{bc}
$V_1B_0F_1$	195.8^{a}	813.5^{ab}	240.8^{a}	3.98^{bc}	23118.0^{bc}	8964.2^{b}	88.1^{ab}	41.8^{ab}	9.89^{b}
$V_1B_1F_0$	196.9^{a}	836.7^{a}	236.8^{a}	4.24^{a}	23580.7^{ab}	8901.7^{b}	86.0^{ab}	47.8^{a}	10.91^{a}
$V_1B_1F_1$	197.7^{a}	842.6^{a}	241.2^{a}	4.25^{a}	24637.5^{a}	9625.7^{a}	90.0^{a}	46.1^{ab}	10.87^{a}
$V_0B_0Z_0$	173.5^{c}	626.1^{d}	205.9^{bc}	3.46^{c}	20631.7^{e}	6364.0^{f}	67.8^{c}	26.3^{d}	8.13^{e}
$V_0B_0Z_1$	177.5^{bc}	691.2^{c}	214.2^{b}	3.52^{c}	20835.5^{de}	7025.5^{e}	70.6^{bc}	35.1^{c}	8.91^{de}
$V_0B_1Z_0$	180.9^{b}	749.7^{b}	204.2^{c}	4.17^{ab}	21905.8^{cd}	8091.8^{d}	80.6^{ab}	36.5^{c}	9.07^{cde}
$V_0B_1Z_1$	181.9^{b}	760.4^{b}	206.7^{bc}	4.20^{a}	22037.7^{cd}	8347.5^{cd}	82.6^{a}	38.5^{bc}	9.69^{bcd}
$V_1B_0Z_0$	195.0^{a}	804.1^{ab}	236.2^{a}	3.96^{b}	22793.3^{bc}	8430.5^{cd}	80.6^{ab}	38.5^{bc}	9.44^{cd}
$V_1B_0Z_1$	196.1^{a}	820.7^{a}	240.2^{a}	3.97^{b}	22951.2^{bc}	9105.2^{ab}	83.5^{a}	43.8^{ab}	10.10^{bc}
$V_1B_1Z_0$	196.8^{a}	830.5^{b}	237.1^{a}	4.25^{a}	23925.7^{ab}	8785.5^{bc}	87.0^{a}	45.8^{a}	10.58^{ab}
$V_1B_1Z_1$	197.8^{a}	848.8^{a}	241.0^{a}	4.25^{a}	24292.5^{a}	9741.8^{a}	89.0^{a}	48.1^{a}	11.21^{a}
$V_0F_0Z_0$	175.9^{b}	675.7^{b}	201.6^{c}	3.79^{b}	21085.8^{b}	7029.2^{e}	68.6^{c}	32.8^{b}	8.36^{e}
$V_0F_0Z_1$	179.1^{b}	731.5^{b}	206.7^{bc}	3.84^{b}	21218.8^{b}	7517.3^{de}	70.8^{bc}	40.3^{a}	9.06^{cde}
$V_0F_1Z_0$	178.6^{b}	700.1^{b}	208.4^{bc}	3.84^{b}	21451.7^{b}	7426.7^{de}	79.8^{abc}	30.0^{b}	8.83^{de}
$V_0F_1Z_1$	180.4^{b}	720.1^{b}	214.2^{b}	3.88^{b}	21654.3^{b}	7855.7^{cd}	82.5^{ab}	33.3^{b}	9.54^{bcd}
$V_1F_0Z_0$	195.7^{a}	816.5^{a}	234.2^{a}	4.10^{a}	23004.3^{a}	8264.8^{c}	80.0^{abc}	41.6^{a}	10.0^{abc}
$V_1F_0Z_1$	196.5^{a}	831.4^{a}	238.4^{a}	4.10^{a}	23202.8^{a}	9208.3^{ab}	82.0^{ab}	46.6^{a}	10.5^{ab}
$V_1F_1Z_0$	196.1^{a}	818.0^{a}	239.1^{a}	4.11^{a}	23714.7^{a}	8951.2^{b}	87.6^{a}	42.6^{a}	9.98^{abc}
$V_1F_1Z_1$	197.5^{a}	838.1^{a}	242.9^{a}	4.12^{a}	24040.8^{a}	9638.7^{a}	90.5^{a}	45.3^{a}	10.79^{a}
$B_0F_0Z_0$	182.9^{a}	702.4^{b}	217.5^{b}	3.68^{b}	21455.3^{d}	7124.5^{d}	66.5^{b}	30.8^{d}	8.53^{d}
$B_0F_0Z_1$	186.3^{a}	761.8^{ab}	224.1^{ab}	3.74^{b}	21620.0^{cd}	7890.5^{c}	69.1^{b}	41.5^{ab}	9.37^{bcd}
$B_0F_1Z_0$	185.6^{a}	727.7^{b}	224.6^{ab}	3.75^{b}	21969.7^{bcd}	7670.0^{cd}	82.0^{a}	34.0^{cd}	9.04^{cd}
$B_0F_1Z_1$	187.3^{a}	750.1^{ab}	230.5^{a}	3.76^{b}	22166.7^{bcd}	8240.2^{bc}	85.0^{a}	37.5^{bc}	9.63^{bc}
$B_1F_0Z_0$	188.6^{a}	789.8^{a}	218.4^{b}	4.20^{a}	22634.8^{abcd}	8169.5^{bc}	82.1^{a}	43.6^{ab}	9.87^{abc}
$B_1F_0Z_1$	189.2^{a}	801.1^{a}	221.0^{ab}	4.21^{a}	22801.7^{abc}	8835.2^{ab}	83.6^{a}	45.5^{a}	10.20^{ab}
$B_1F_1Z_0$	189.1^{a}	790.4^{a}	222.9^{ab}	4.21^{a}	23196.7^{ab}	8707.8^{ab}	85.5^{a}	38.6^{bc}	9.77^{abc}
$B_1F_1Z_1$	190.5^{a}	808.1^{a}	226.7^{ab}	4.24^{a}	23528.5^{a}	9254.2^{a}	88.0^{a}	41.1^{ab}	10.70^{a}

V_0: بدون ورمی‌کمپوست، V_1: با ورمی‌کمپوست، B_0: بدون *تیوباسیلوس*، B_1: با *تیوباسیلوس*، F_0: بدون محلول‌پاشی آهن، F_1: با محلول‌پاشی آهن، Z_0: بدون محلول‌پاشی روی و Z_1: با محلول‌پاشی روی

V_0: without vermicompost, V_1: with vermicompost, B_0: without *Thiobacillus*, B_1: with *Thiobacillus*, F_0: without iron spraying, F_1: with iron spraying, Z_0: without zinc spraying and Z_1: with zinc spraying

* حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد می‌باشد.

* Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.01 based on Duncans' test.

آن‌ها این افزایش را به احتمال ایجاد شرایط مناسب‌تر جهت استقرار گیاهچه و استفاده بهتر از محیط رشد و سپس شرایط بهتر برای گیاه در زمان پر شدن دانه و افزایش عملکرد دانه نسبت دادند. صیامی و بشارتی (Siyami & Besharati, 2012) در بررسی تأثیر باکتری *تیوباسیلوس* روی گندم دریافتند که *تیوباسیلوس*‌های اضافه شده به خاک سبب اکسایش گوگرد خاک می‌شوند و به این ترتیب pH خاک را کاهش داده و حلالیت ترکیبات آهن را افزایش می‌دهند. آن‌ها همچنین بیان کردند که تلقیح خاک با باکتری زمانی مؤثرتر خواهد بود که در خاک‌های آهکی علاوه بر باکتری، گوگرد هم به خاک افزوده شود.

اثر محلول‌پاشی آهن و روی

محلول‌پاشی آهن بر صفات ارتفاع ساقه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و محتوی آهن ذرت معنی‌دار بود (جدول 3). محلول‌پاشی آهن، ارتفاع ساقه ذرت را نسبت به شاهد عدم محلول‌پاشی 2/7 درصد افزایش داد. با محلول‌پاشی آهن عملکردهای بیولوژیک و دانه نیز افزایش معنی‌دار و به ترتیب برابر 2/6 درصد و 5/5 درصد را نسبت به عدم محلول‌پاشی نشان دادند. محلول‌پاشی آهن مقدار آهن موجود در ذرت را به میزان 12 درصد افزایش داد (جدول 4).

اثر محلول‌پاشی روی (Zn) هم بر صفات تعداد دانه در بلال، ارتفاع ساقه، عملکرد دانه، محتوی روی و محتوی پروتئین ذرت اثر معنی‌دار نشان داد (جدول 3). محلول‌پاشی روی بر ذرت موجب افزایش تعداد دانه در بلال (4 درصد)، ارتفاع ساقه (2/2 درصد)، عملکرد دانه (7/5 درصد)، محتوی روی (12 درصد) و محتوی پروتئین (7 درصد) نسبت به عدم محلول‌پاشی شد است (جدول 4). فنگ و همکاران (Fang et al., 2008) گزارش کردند که محلول‌پاشی آهن، روی و سلنیوم موجب افزایش مقدار پروتئین، خاکستر، آهن و روی در برنج شد. از آن‌جا که آهن در انتقال الکترون در فتوسنتز نقش کلیدی دارد و کمبود آن سبب کاهش فتوسنتز می‌شود، کمبود آن در نهایت موجب کاهش اجزاء عملکرد می‌شود (Salarpour et al., 2013). عنصر روی نیز نقش مهمی در سنتز پروتئین‌ها و متابولیسم کربوهیدرات‌ها دارد (Mousavi et al., 2013) بنابراین، کمبود آن می‌تواند موجب کاهش محتوی پروتئین گیاه و همچنین کاهش ماده خشک و به دنبال آن عملکرد شود.

جدول 7- مقایسه میانگین اثر متقابل چهارگانه ورمی‌کمپوست، *تیوباسیلوس*، محلول‌پاشی آهن و محلول‌پاشی روی بر صفات مورد ارزیابی در ذرت

Table 7- Effects of the four-fold interactions of vermicompost, *Thiobacillus*, iron spraying and zinc spraying on the measured traits of corn

تیمار Treatment	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	تعداد دانه در بلال Number of seed per ear	ارتفاع ساقه (سانتی‌متر) Stem height (cm)	قطر ساقه (سانتی‌متر) Stem diameter (cm)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار) Biologic yield (kg.ha-1)	عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Seed yield (kg.ha-1)	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Fe (mg.kg-1)	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Zn (mg.kg-1)	پروتئین (درصد) Protein (%)
$V_0B_0F_0Z_0$	171.1c*	601.8f	201.6c	3.41b	20360.0e	6149.0h	58.0c	25.0h	7.80g
$V_0B_0F_0Z_1$	176.8bc	704.1de	210.0bc	3.50b	20537.7e	7638.0gh	61.3bc	38.6bcdef	8.72efg
$V_0B_0F_1Z_0$	176.0bc	650.4ef	210.1bc	3.51b	20903.3de	6579.0gh	77.6ab	27.6gh	8.45fg
$V_0B_0F_1Z_1$	178.2bc	678.2def	218.5b	3.55b	21133.3de	7313.0g	80.0a	31.6fgh	9.10defg
$V_0B_1F_0Z_0$	180.6bc	749.5cd	201.6c	4.16a	21811.7cde	7909.3ef	79.3a	40.6abcdef	8.92defg
$V_0B_1F_0Z_1$	181.3bc	758.8bcd	203.4c	4.18a	21900.0cde	8296.7cdef	80.3a	42.0abcde	9.40cdef
$V_0B_1F_1Z_0$	181.2bc	749.8cd	206.7bc	4.17a	22000.0cde	8274.3cdef	82.0a	32.3efgh	9.22defg
$V_0B_1F_1Z_1$	182.6b	762.0bcd	210.0bc	4.21a	22175.3cde	8398.3bcde	85.0a	35.0defg	9.99abcdef
$V_1B_0F_0Z_0$	194.8a	803.0abc	233.3a	3.95a	22550.7bcd	8100.0def	75.0ab	36.6cdefg	9.26defg
$V_1B_0F_0Z_1$	195.8a	819.5abc	238.3a	3.97a	22702.3bcd	9043.0bcd	77.0ab	44.3abcd	10.0abcde
$V_1B_0F_1Z_0$	195.2a	805.1abc	239.1a	3.98a	23036.0abc	8761.0bcde	86.3a	40.3abcdef	9.62bcdef
$V_1B_0F_1Z_1$	196.5a	822.0abc	242.5a	3.98a	23200.0abc	9167.3abc	90.0a	43.3abcd	10.16abcde
$V_1B_1F_0Z_0$	196.6a	830.0abc	235.1a	4.25a	23458.0abc	8429.7bcde	85.0a	46.6ab	10.83abc
$V_1B_1F_0Z_1$	197.1a	843.4ab	238.5a	4.23a	23703.3abc	9373.7ab	87.0a	49.0a	11.0ab
$V_1B_1F_1Z_0$	196.9a	831.0abc	239.1a	4.25a	24393.3ab	9141.3abc	89.0a	45.0abc	10.3abcd
$V_1B_1F_1Z_1$	198.5a	854.3a	243.4a	4.26a	24881.7a	10110.0a	91.0a	47.3ab	11.42a

V_0: بدون ورمی‌کمپوست، V_1: با ورمی‌کمپوست، B_0: بدون *تیوباسیلوس*، B_1: با *تیوباسیلوس*، F_0: بدون محلول‌پاشی آهن، F_1: با محلول‌پاشی آهن، Z_0: بدون محلول‌پاشی روی و Z_1: با محلول‌پاشی روی

V_0: without vermicompost, V_1: with vermicompost, B_0: without *Thiobacillus*, B_1: with *Thiobacillus*, F_0: without iron spraying, F_1: with iron spraying, Z_0: without zinc spraying and Z_1: with zinc spraying

* حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک درصد می‌باشد.

* Means in a column followed by the same letter are not significantly different at p≤0.01 based on Duncan's test.

اثر متقابل بین تیمارهای آزمایش در بیش‌تر صفات اثر معنی‌داری را نشان نداده‌اند و در جدول‌های 5، 6 و 7 نشان داده شده‌اند.

با توجه به هدف این آزمایش می‌توان بیان نمود که استفاده از کودهای زیستی و محلول‌پاشی آهن و روی کیفیت دانه ذرت و کمیت اجزای عملکرد و عملکرد در ذرت را بهبود بخشید. ذرت یکی از مهم‌ترین منابع غذایی برای انسان است و به عنوان یک گیاه C_4 در طول دوره رشد، مواد غذایی زیادی از خاک جذب می‌کند. به طور کلی، استفاده از کود ورمی‌کمپوست و باکتری *تیوباسیلوس* موجب شد که عناصر تثبیت شده موجود در خاک به صورت قابل جذب و محلول درآمده و به صورت تدریجی در اختیار گیاه قرار گیرد و میزان آهن، روی و پروتئین موجود در ذرت افزایش یابد. علاوه بر آن، استفاده از این کودهای زیستی و همچنین محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی موجب کاهش اثرات مخرب زیست‌محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی می‌شود و به عنوان یک راهکار مدیریتی مطلوب محسوب می‌شود.

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که مدیریت کودی و تغذیه‌ای به عنوان یکی از مهم‌ترین فاکتورها در کشت موفق گیاهان می‌باشد، در این بررسی سعی شد از سودمندی‌های حاصل از ریز جانداران استفاده کرده و الگوی مناسبی برای تغذیه پایدار گیاهی پیدا نمود. در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست‌محیطی از جمله آلودگی منابع آب، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک گردیده است. بنابراین می‌توان با جایگزین کردن کودهای زیستی، در راستای کشاورزی پایدار و افزایش امنیت غذایی ذرت گام برداشت.

منابع

Alizadeh, A., Alizadeh, A., and Ariyana, L. 2009. Nitrogen and phosphorous use optimization in corn production with the application of mycorrhiza and vermicompost. New Findings in Agriculture 3: 303-306. (In Persian with English Summary)

Arguello, J.A., Ledesma, A., Nunez, S.B., Rodriguez, C.H., and Goldfarb, M.D.D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield and quality of *Rosado paraguayo* garlic bulbs. Horticultural Sciences 41(3): 589-592.

Babgohari, J., Afyouni, M., Khoshgoftar Manesh, A., and Eshghizadeh, H. 2010. The effect of sewage sludge of polyacril company, municipal waste based vermicompost and cow manure on soil properties and yield of grain maize. Journal of Sciences and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 14: 153-165. (In Persian with English Summary)

Bahrampour, T., and Sharifi Ziveh, P. 2013. Effect of vermicompost on tomato (*Lycopersicum esculentum*) fruits. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(11): 2965-2971.

Besharati, H., and Saleh Rastin, N. 2000. The effect of sulfur and *Thiobacillus* inoculum on Fe and Zn absorption under greenhouse condition. Journal of Soil and Water 12: 63-72. (In Persian)

Cakmak, I. 2002. Plant nutrition research: Priorities to meet human needs for food in sustainable ways. Plant and Soil 247: 3-24.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? Plant and Soil 302: 1-17.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences 10: 88-109. (In Persian with English Summary)

El-Tarabily, K.A, Abdou, A.S., Maher, E.S., and Satoshi, M. 2006. Isolation and characterization of sulfur-oxidizing bacteria, including strains of Rhizobium, from calcareous sandy soils and their effects on nutrient uptake and growth of maize (*Zea mays* L.). Australian Journal of Agricultural Research 57(1): 101-111.

Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X., and Hu, Q. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 2079-2084.

Fathi, G., and Enayatgholizadeh, M. 2009. The effect of Zn and Cu on growth and yield of barley cultivars. Journal of Crops Physiology of the Islamic Azad University of Ahvaz 1: 28-41. (In Persian with English Summary)

Fixon, P.E., and West, F.B. 2002. Nitrogen fertilizers: Meeting contemporary challenges. AMBIO: A Journal of the Human Environment 31: 169-176.

Galli, E., Tomati, U., Grappelli, A., and Di Lena, G. 1990. Effect of earthworm casts on protein synthesis in *Agaricus bisporus*. Biology and Fertility of Soils 9: 290-291.

Ghaffari, M., Akbari, G., Panahi, M., and Mohammadzadeh, A. 2010. The response of some physiological indices of grain maize to soil and foliar application of Fe, Zn and complete micronutrient fertilizers. In: The 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University, Khoorasgan Branch, Iran. 16-17 Feb. 2007. (In Persian)

Hernandez, A., Castillo, H., Ojeda, D., Arras, A., López, J., and Sánchez, E. 2010. Effect of vermicompost and compost on lettuce production. Chilean Journal of Agricultural Research 70(4): 583-589.

Jahani, M., Besharati, H., and Golchin, A. 2011. The effect of enriched vermicompost on seedling appearance percentage and dry weight of 704 single cross hybrid maize. Journal of Soil Research 25: 33-38. (In Persian with English Summary)

Joshi, R., Vig, A.P., and Singh, J. 2013. Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: A field study. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture 2: 16.

Kamaraki, H., and Galavi, M. 2012. The effect of Fe, B and Zn spraying on yield and quality of *Carthamus tinctorius* L. Journal of Agroecology 4: 201-206.

Kaya, M., Kucukyumuk, Z., and Erdal, I. 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur-containing waste on nutrient concentration and grown on calcareous soil. African Journal of Biotechnology 8(18): 4481-4489.

Lazcano, C., Revilla, P., Malvar, R.A., and Dominguez, J. 2011. Yield and fruit quality of four sweet corn hybrids (*Zea mays*) under conventional and integrated fertilization with vermicompost. Journal of the Science of Food and Agriculture 91: 1244-1253.

Lenin, M., and Ravimycin, T. 2013. The effects of different levels of vermicompost (VC) on the nutrient contents of (*Arachis hypogaea* L.) under arbuscular mycorrizha fungi (AMF) (*Gloumus intraradices*) application. Indian Journal of Scientific Research and Technology 1(2): 37-45.

Malakouti, M.J., and Tehrani, M.M. 2008. The role of micronutrients in quality and yield improvement of agricultural products. Tarbiat Modarres University Publications, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Mousavi, M., Bahmanyar, M.A., and Pirdashti, H. 2012. The response of rice plant to perennial application of vermicompost alone and plus with different chemical fertilizers. Electronic Journal of Crop Production 5: 19-35. (In Persian with English Summary)

Mousavi, S.R., Galavi, M., and Rezaei, M. 2013. Zinc (Zn) importance for crop production –a review. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(1): 64-68.

Nadi, M., Golchin, A., Mozafari, V., Saeidi, T., and Sedaghati, E. 2011. The Effects of different vermicomposts on the growth and chemical composition of the pistachio seedlings. Journal of Research in Agricultural Science 7(1): 59-69.

Ramasamy, P.K., Baskar, K., and Ignacimuthu, S. 2011. Influence of vermicompost on kernel yield of Maize (*Zea mays* L.). Elixir Agriculture 36: 3119-121.

Rantala, P.R., Vaajasaari, K., Juvonen, R., Schultz, E., Joutti, A., and Makela-Kurtto, R. 1999. Composting of forest industry wastewater sludges for agriculture use. Water Science and Technology 40: 187-194.

Rawat, N., Neelam, K., Tiwari, V.K., and Dhaliwal, H.S. 2013. Biofortification of cereals to overcome hidden hunger. Plant Breeding 132: 437-445.

Saeed Nejad, A.H., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. The effect of compost, vermicompost and manure on yield, yield components and essential oil percentage of *Cuminum cyminum*. Journal of Horticultural Science 24: 142-148. (In Persian)

Salarpour, O., Parsa, S., Sayyari, M.H., and Jami Alahmadi, M. 2013. Effect of Nano-iron chelates on growth, Peroxidase enzyme activity and oil essence of cress (*Lepidium sativum* L.). International Journal of Agronomy and Plant Production 4: 3583-3589.

Sebti, M., Movahedi Naeini, S.A., Ghorbani Nasrabadi, R., Roshani, G., Shahriari, G., and Movahedi, M. 2009. A suitable soil plant available potassium extractant for a loess soil with illite dominance in clay fraction and the effects of *Azotobacter* and vermicompost on wheat yield, potassium uptake and tissue concentration. Journal of Plant Production 16: 59-76. (In Persian with English Summary)

Seyyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Studying the yield and yield components and nitrogen use efficiency by using mushroom compost, biofertilizer and urea in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 3: 309-319. (In Persian with English Summary)

Sharafi, S., Abbasdokht, H., Chaychi, M.R., Ardakani, M.R., and Ghasemi, S. 2010. The effect of cultivar, seed inoculation with *Thiobacillus* and methods of nitrogen application on yield and yield components of fall oilseed rape. Iranian Journal of Crop Science 41: 459-468. (In Persian with English Summary)

Sharma, A.K. 2004. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios, India.

Simsek-Ersahin, Y. 2011. The use of vermicompost products to control plant diseases and pests. In A. Karaca (Ed.). Biology of Earthworms: Soil Biology. Springer-Verlag, Berlin p. 191-213.

Siyami, A., and Besharati, H. 2012. The process of Fe and Zn release as affected by biological oxidation of sulfur. Journal of Soil Research (Soil and Water Science) 26: 255-267. (In Persian with English Summary)

Tanumihardjo, S.A., Bouis, H., Hotz, C., Meenakshi, J.V., and McClafferty, B. 2008. Biofortification of staple crops: An emerging strategy to combat hidden hunger. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 7: 329-234.

Tate, R.L. 1995. Soil Microbiology. John Willey & Sons INC, New York.

Tisdale, S.L., Nelson, W.L., and Beaton, J.D. 1984. Soil Fertility and Fertilizers, 4^{th} ed. Mc Millan Publishing Company, New York.

Tucker, G. 2003. Nutritional enhancement of plants. Current Opinion in Biotechnology 14: 221-225.

Weisany, W., Raei, Y., and Haji Allahverdipoor, K. 2013. Role of some of mineral nutrients in biological nitrogen fixation. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2(4): 77-84.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 359-372

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص 372-359

Evaluating Maize Yield and the Quality of Response to Vermicompost, in *Thiobacillus* and Foliar Application of Fe and Zn

E. Davaran Hagh[1], B. Mirshekari[2*], M.R. Ardakani[3], F. Farahvash[4] and F. Rejali[5]

Submitted: 27-05-2014
Accepted: 05-10-2014

Davaran Hagh, E., Mirshekari, B., Ardakani, M.R., Farahvash, F., and Rejali, F. 2016. Evaluating maize yield and quality response to vermicompost, *Thiobacillus* and foliar application of Fe and Zn. Journal of Agroecology 8(3):359-372.

Introduction

Half of the world's population suffers from micronutrients malnutrition. Use of bio-fertilizers in sustainable agricultural systems is important in production and enables plants to absorb more water from soil and improves plant nutrient uptake and photosynthesis. Benefits of vermicompost application in agriculture is due to its content of organic matter, plant nutrients and plant growth promotion. Vermicompost increases the absorption and transition of nutrients from soil to roots and improves plant growth (Simsek-Ersahin, 2011). Zn and Fe application is highly important; foliar application causes faster and higher absorption rate and cures deficiencies symptoms (Ghaffari et al., 2010). *Thiobacillus* is a chemolithotroph bacterium, receiving energy from sulfur oxidation. This bacterium acidifies microcites in the rhizosphere, increasing the availability of nutrients to plant roots (Kaya et al., 2009). Regarding the benefits of integrated nutrient management, this experiment was conducted with the aim of testing the effects of Fe and Zn foliar spraying, *Thiobacillu sthiooxidans* inoculation and vermicompost application on growth, yield and bio fortification of popcorn maize.

Materials and methods

This experiment was conducted in 2012 at the research field of Islamic Azad University, Tabriz branch, Iran. The experiment was conducted in factorial in the form of a randomized complete block design with three replications and four factors: vermicompost application in soil (0 and 2 $t.ha^{-1}$, applied in strip form below the seeds before cultivation), inoculation with *Thiobacillus thiooxidans*, with a population of $10^8 cfu.g^{-1}$. Sulfur was inoculated with *T. thiooxidans* prior to application. Fe chelate foliar application (without spraying and two times spraying of 0.002 concentration of 13% Fe chelate) and Zn chelate foliar application (without spraying and two times spraying of 0.002 concentration of 15% Zn chelate). Maize seeds (*Zea mays* L. var. popcorn KSC. 600) were planted, after being inoculated with *Azospirillum*, at the rate of 66,000 plants. ha^{-1}. Then, 10 plants were harvested from the middle rows of each plot and grain yield was measured. To measure the absorption of nutrients, 5 other plants were harvested from each plot when grains were at dough stage and dried at 70°C oven for 72 hours. Then, samples were grinded and analyzed. Finally, data were tested for normal distribution and subjected to statistical analysis using SAS. Duncan's multiple range tests was used to compare means at $p \leq 0.05$.

Results and discussion

Results indicated the significant effect of vermicompost on 1000 kernels weight, the number of kernels/ear, stem height, stem diameter, grain yield, biologic yield, Fe, Zn and protein contents. The effect of *Thiobacillus* inoculation was significant on all measured traits except for the stem height. Fe foliar application significantly affected stem height, biologic yield, grain yield an Fe content. Zn foliar application had also a significant effect on the number of kernels/ear, stem height, grain yield, Zn content and protein content. Results of this experiment generally indicated that application of vermicompost, *Thiobacillus*, Fe and Zn had improving effect on maize yield, yield components and grain quality.

Conclusion

Nutrient management is one of the most important factors in successful crop production, so, it was tried in

---

1, 2, 3, 4 and 5- PhD Student in Agronomy, Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj, Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz and Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mirshekari@iaut.ac.ir)

this experiment to take advantages from soil microorganisms to find a suitable method for sustainable crop nutrient management instead of chemical methods. In recent years, increased application of chemical inputs to agricultural fields has caused several environmental and health issues and reduced the quality of products. So, as the results of this experiment showed, integrated nutrient management with lower dependency on chemical fertilizers is a promising method to reach sustainable and healthy production and food safety.

Acknowledgement

The authors highly acknowledge Islamic Azad University, Tabriz Branch- Iran, for their fields and laboratories support.

Keywords: Biofertilizer, Biofortification, Micronutrients, Protein

References

Ghaffari, M., Akbari, G., Panahi, M., and Mohammadzadeh, A. 2010. The response of some physiological indices of grain maize to soil and foliar application of Fe, Zn and complete micronutrient fertilizers. In the 5th National Conference on New Ideas in Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Iran. 16-17 Feb. (In Persian with English Summary)

Kaya, M., Kucukyumuk, Z., and Erdal, I. 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur-containing waste on nutrient concentration and grown on calcareous soil. African Journal of Biotechnology 8(18): 4481-4489.

Simsek-Ersahin, Y. 2011. The use of vermicompost products to control plantdiseases and pests. In A. Karaca (Ed.). Biology of Earthworms: Soil Biology. Springer-Verlag, Berlin p. 191-213.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 373-384

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 384-373

تأثیر تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم کرمانشاه

عبدالوهاب عبدالهی[1*]

تاریخ دریافت: 1393/04/23
تاریخ پذیرش: 1394/05/03

عبدالهی، ع.و. 1395. تأثیر تناوب‌های زراعی مختلف بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم کرمانشاه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3): 384-373.

چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثرات تناوب‌های مختلف بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط دیم انجام گردید. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در دو قطعه زمین مجاور هم در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم سرارود-کرمانشاه به مدت شش سال از پاییز 1385 تا تابستان 1391 اجرا گردید. تیمارها شامل پنج تناوب دو ساله گندم-گندم، آیش-گندم، نخود-گندم، ماشک–گندم و گلرنگ-گندم بود. در قطعه زمین اول در سال اول گندم کشت گردید و در قطعه زمین دوم سایر گیاهان زراعی که در تناوب با گندم قرار می‌گرفتند کشت شدند، به طوری‌که در هر سال هر دو جز تناوب وجود داشتند. برای بررسی اثر تناوب‌های زراعی بر صفات مختلف مورد بررسی در گندم در هر سال از داده‌های مربوط به قطعه زمینی که تمام تیمارها در آن سال گندم بود استفاده گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال بر ارتفاع بوته و اجزا عملکرد دانه گندم معنی‌دار بود که حاکی از شرایط مختلف آب و هوایی در سال‌های آزمایش بود. اثر متقابل تناوب در سال نیز بر ارتفاع بوته و تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار بود و در آخرین دوره تناوب‌ها (سال 91-1390) اثر کشت مداوم گندم بر تعداد سنبله در مترمربع نمایان شد به طوری‌که در این سال کمترین تعداد سنبله در مترمربع در تیمار کشت متوالی گندم در مقایسه با سایر تناوب‌ها به دست آمد. نتایج عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه گندم نیز نشان داد که اثر سال و تناوب زراعی بر آن‌ها معنی‌دار بودند و تیمار گندم- گندم کمترین عملکرد را تولید نمود و سایر تناوب‌ها در کلاس بالاتر قرار گرفتند. طبق نتایج فوق کشت مداوم گندم باید به طور کلی در منطقه حذف گردد و تناوب گندم با هر کدام از گیاهان نخود (*Cicer arietinum* L.)، ماشک (*Vicia dasycarpa* Ten.) و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با در نظر داشتن اهمیت تنوع زراعی و عملکرد اضافی این محصولات نسبت به آیش در منطقه کرمانشاه و سایر مناطق اکولوژیکی مشابه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: آیش، کشت متوالی، گلرنگ، ماشک، نخود

مقدمه

توالی کشت گیاهان زراعی مختلف با نظم و ترتیب خاصی در یک دوره دو یا سه ساله و حتی طولانی را تناوب زراعی گویند (Ghaffari, 2002). تناوب زراعی هم از لحاظ تنوع محصولات و هم رعایت حاصلخیزی خاک به علت جلوگیری از فرسودگی زمین که نتیجه کاشت پی در پی یک گیاه است و عمدتاً ناشی از عدم تعادل عناصر غذایی و ترشح ترکیبات مختلف و آنتی‌بیوتیک‌های مسموم کننده از ریشه گیاهان است، ضروری می‌باشد (Ghaffari, 2002). در چند سال اخیر، کاربرد تناوب به دلیل پیشرفت‌های تکنولوژیکی، جذابیت خود را از دست داده و سیستم‌های ساده‌تر، جایگزین آن‌ها شده‌اند. گسترش سموم برای کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، و نیز سهولت دسترسی به کودهای شیمیایی، باعث شده تنش‌هایی که در گذشته از طریق کاربرد تناوب‌ها برطرف می‌شدند، امروزه از طریق

1- استادیار مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، معاونت سرارود، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: a.abdolahi@areo.ir)

استعمال این مواد، رفع شوند (Mazaheri & Majnoon Hoseini, 2001). در این نوع کشاورزی، ثبات عملکردها در سطح بالا به شدت وابسته به کاربرد مواد شیمیایی می‌باشد. چشم‌پوشی از مصرف این مواد، بدون ایجاد تغییراتی در مدیریت زراعی، تنها می‌تواند به نابودی سیستم تولیدی و کاهش جدی عملکرد منتهی شود. از این لحاظ برای روی آوردن به کشاورزی به شیوه ارگانیک، با شرط حفظ بقای سیستم و ثبات عملکرد، زارع بایستی قبل از هر چیز، به تنظیم تناوب فکر کند (Mazaheri & Majnoon Hoseini, 2001). تعیین نوع توالی گیاهان بر عملکرد و کیفیت محصول در تناوب زراعی تأثیرگذار است (Cutforth et al., 2007). حبوبات به خاطر مزایایی که دارند برای سلامتی انسان، تولیدات کشاورزی و پایداری محیطی شناخته شده‌اند (Park et al., 1999). این گیاهان منافع نیتروژنی و غیرنیتروژنی برای گیاه زراعی بعدی دارند که عملکرد و کیفیت محصول را بهبود می‌بخشند. منافع نیتروژنی شامل بهبود جذب نیتروژن، افزایش پروتئین دانه و افزایش نیتروژن خاک و منافع غیرنیتروژنی شامل کاهش مشکلات آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، بهبود خصوصیات خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی است (Williams et al., 2014). از طرف دیگر، در تحقیقات زیادی گزارش شده است که وجود گیاهان علوفه‌ای و لگوم‌ها به عنوان یک محصول زمستانه در تناوب زراعی برای تولید علوفه یا کود سبز جهت بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش درآمد سالانه ضروری است (Dogan et al., 2008). عدالت و همکاران (Edalat et al., 2006) با بررسی برهمکنش تناوب‌های زراعی و سطوح نیتروژن بر عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) و خصوصیات خاک عنوان کردند که تناوب گندم-عدس (*Lens culinary* L.) عملکرد گندم و میزان ماده آلی خاک را نسبت به تناوب گندم- آیش افزایش داد. سیادت و همکاران (Syadat et al., 2009) جهت تعیین مناسب‌ترین نظام تناوب زراعی برای منطقه اهواز، 26 نظام مختلف تناوبی طی شش سال زراعی با گیاهان گندم، یونجه (*Medicago sativa* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) (به عنوان کشت اصلی) و باقلا (*Vicia faba* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.)، سودان گراس (*Sorghum volgare sudanese* L.)، شبدر (*Trifolium pretense* L.)، ذرت سیلویی (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) (به عنوان کشت دوم) مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که در مقایسه با کشت مداوم گندم با عملکرد 5103 کیلوگرم در هکتار، کشت این گیاه پس از یونجه و کلزا به ترتیب 24 و 17 درصد افزایش عملکرد داشته و کشت گندم پس از آیش، ذرت، سودان گراس، ذرت سیلویی و کنجد به ترتیب 1، 1، 16، 22 و 20 درصد کاهش عملکرد داشته است. همچنین مقایسه عملکرد گندم در نه نظام تناوبی چهار ساله که حداقل یک دوره آیش را در برداشتند، نشان داد که با کاهش سهم بقولات و افزایش سهم غلات در تناوب، از عملکرد گندم کاسته شد. آن‌ها همچنین عنوان کردند که کلزا مناسب‌ترین پیش کشت گندم در تناوب‌های سه ساله بود، و کشت باقلا یا شبدر به عنوان گیاه پیش کشت ذرت در مقایسه با گندم، عملکرد ذرت را به ترتیب 22 و 19 درصد افزایش داد. زارع فیض آبادی و رستم‌زاده (Zareafeizabadi & Rostamzadeh, 2013) با بررسی اثر تناوب زراعی بر عملکرد گندم طی مطالعه‌ای پنج ساله گزارش نمودند که عملکرد دانه گندم در کلیه تیمارهای تناوبی از افزایش معنی‌داری نسبت به کشت مداوم برخوردار بودند و عملکرد تک‌کشتی گندم کمتر از عملکرد دانه تحت شرایط تناوب بدست آمد.

غفاری (Ghaffari, 2002) با بررسی تناوب‌های دو ساله آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus* L.)، نخود (*Cicer arietinum* L.) و آیش با گندم سرداری در شرایط دیم عنوان نمود که اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه گندم در تناوب‌های مختلف به دست نیامد و در نتیجه حذف آیش در منطقه آذربایجان غربی و جایگزین کردن آن با گیاهان زراعی دیگر از جمله لگوم‌ها را توصیه نمود.

تناوب زراعی مجموعه‌ای از اهداف را برای کشاورز برآورد می‌کند که می‌توان به کنترل علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها، جلوگیری از خستگی زمین، بالا بردن سطح فعالیت بیولوژیکی به ویژه میکرو فلور خاک و افزایش حاصلخیزی خاک اشاره نمود. پایداری تولید گندم به عنوان مهمترین گیاه زراعی استان کرمانشاه و کشور مستقیماً به نوع نظام‌های زراعی رایج و گیاهان قبل و بعد از کشت این محصول بستگی دارد و معرفی تناوب زراعی کارآمد و پایدار نیازمند تحقیق بیشتر می‌باشد. این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تناوب محصولات مختلف با گندم بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات زراعی آن اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی

دیم- سرارود اجرا شد. طول و عرض جغرافیایی محل آزمایش به ترتیب 47°19' E و 34°20' N و ارتفاع از سطح دریا 1351 متر است. بافت خاک محل آزمایش از نوع سیلت- رسی- لوم بود. شکل 1 میزان متوسط دمای ماهیانه و بارندگی تجمعی محل آزمایش را در سال‌های تحقیق نشان می‌دهد. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار، در دو قطعه زمین مجاور هم به مدت شش سال از پاییز 1385 تا تابستان 1391 اجرا گردید. تیمارها شامل پنج تناوب دو ساله گندم-گندم، آیش-گندم، نخود-گندم، ماشک-گندم و گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)-گندم بود (جدول 1). در تناوب گندم-گندم جهت آماده‌سازی زمین یک‌بار شخم با گاوآهن برگردان‌دار در آخر تابستان انجام و قبل از کاشت یک بار دیسک زده شد. کاشت با خطی‌کار با فاصله 25 سانتی‌متر انجام گردید. میزان کود از فرمول $N_{30}P_{30}$ از منابع سوپرفسفات‌تریپل و اوره و میزان بذر 400 بذر در مترمربع استفاده گردید. جهت مبارزه با علف‌های هرز از علفکش توفوردی به میزان 1/5 لیتر در هکتار استفاده شد. در تناوب آیش-گندم در سال آیش یک‌بار شخم و یک‌بار پنجه‌غازی در بهار استفاده شد. در تناوب ماشک-گندم یک‌بار شخم با گاوآهن برگردان‌دار در آخر تابستان و انجام دیسک قبل از کاشت و کاشت پاییزه رقم مراغه با استفاده از خطی کار با فاصله 25 سانتی‌متر و 200 بذر در مترمربع انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز از طریق وجین دستی در فروردین ماه هر سال انجام شد. در تناوب نخود-گندم برای آماده‌سازی بستر بذر یک‌بار شخم با گاوآهن برگردان‌دار در آخر تابستان و دیسک قبل از کاشت صورت گرفت. کاشت با خطی‌کار و فاصله ردیف 30 سانتی‌متر و تعداد بذر 35 بذر در مترمربع انجام شد. مقدار 20 کیلوگرم در هکتار کود اوره مصرف گردید. مبارزه با علف‌های هرز از طریق وجین دستی در فروردین ماه هر سال صورت گرفت. برای مبارزه با کرم پیله‌خوار از سم سوین به میزان 2/5 کیلوگرم در هکتار هر سال استفاده شد. در تناوب گلرنگ-گندم نیز برای آماده‌سازی بستر بذر یک‌بار شخم با گاوآهن برگردان‌دار در آخر تابستان و دیسک قبل از کاشت صورت گرفت. کاشت با خطی‌کار و فاصله ردیف 30 سانتی‌متر و تعداد بذر 45 بذر در مترمربع انجام شد. میزان کود از فرمول $N_{60}P_{60}$ از منابع سوپرفسفات‌تریپل و اوره مصرف گردید. مبارزه با علف‌های هرز از طریق وجین دستی در فروردین ماه هر سال صورت گرفت. برای مبارزه با کرم غوزه‌خوار از سم سوین به میزان 2/5 کیلوگرم در هکتار هر سال استفاده شد. با توجه به این‌که گندم در همه تناوب‌ها وجود داشت در قطعه زمین اول در سال اول گندم کشت گردید و در قطعه زمین دوم سایر گیاهان زراعی که در تناوب با گندم قرار می‌گرفتند، کشت شدند، به طوری‌که در هر سال هر دو جز تناوب وجود داشتند. عرض هر کرت آزمایشی 10 متر و طول آن 20 متر بود. سال دوم اجرای آزمایش (87-1386) خشکسالی شدید حادث شد (شکل 1). به همین دلیل در هر دو قطعه زمین اجرای آزمایش عملکردی حاصل نشد، و در نتیجه داده‌های دو دوره تناوبی بعد (چهار سال آخر) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برای بررسی اثر تناوب‌های زراعی بر صفات مختلف مورد بررسی در گندم در هر سال از داده‌های مربوط به قطعه زمینی که تمام تیمارها در آن سال گندم بود استفاده گردید. داده‌های صفات ارتفاع بوته (10 بوته تصادفی)، عملکرد بیولوژیک (چهار مترمربع)، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله (10 نمونه تصادفی)، تعداد سنبله در مترمربع (دو متر طولی از یک خط کاشت) و عملکرد دانه گندم (30 مترمربع میانی کرت‌ها) در سال‌های آزمایش تجزیه واریانس مرکب گردیدند و مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چند دامنه‌ای دانکن با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام شد.

نتایج و بحث

آب و هوا

با توجه به شکل 1 مشاهده می‌شود که از شش سال اجرای آزمایش سال اول دارای زمستانی نسبتاً سرد با بیشترین میزان بارندگی و بیشتر از میانگین بلندمدت (میانگین بلندمدت 415 میلی‌متر است) بود. سال دوم خشکسالی شدید حادث شد و شرایط دمایی کاملاً متفاوتی نسبت به سایر سال‌ها داشت به طوری‌که متوسط دمای دی ماه (ژانویه) زیر صفر درجه سانتی‌گراد و اسفند (مارس) گرم‌تر از معمول و سایر سال‌ها بود. داده‌های این دو سال با توجه به این‌که در سال دوم هیچ عملکردی به دست نیامد مورد استفاده قرار نگرفتند. چهار سال بعدی از لحاظ میزان بارندگی و دما وضعیت تقریباً مشابه به هم و بلندمدت منطقه داشتند. بنابراین نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند به سال‌های آینده با اطمینان بیشتری تعمیم داده شود.

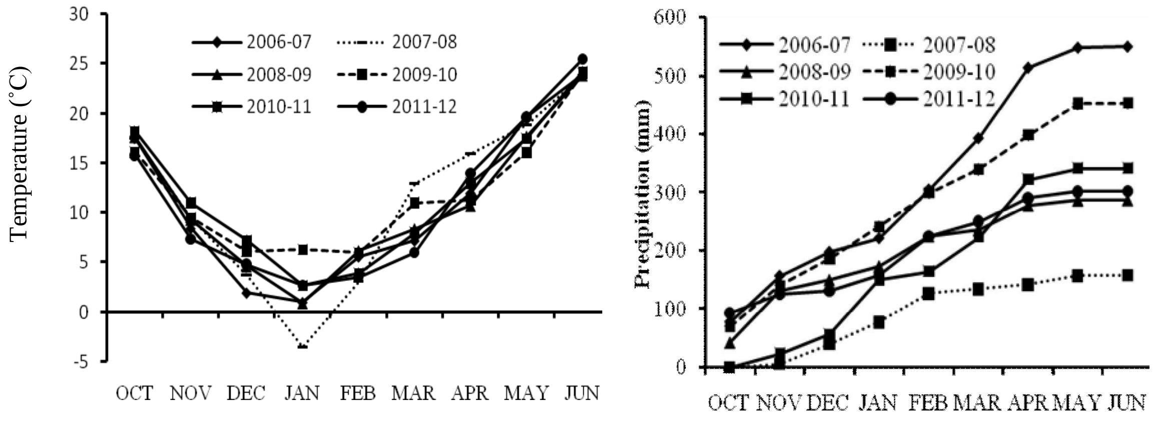
جدول 1- تیمارهای تناوب زراعی در دو قطعه زمین در سال‌های اجرای آزمایش

Table 1- Rotation treatments in two sites in years that experiment was conducted

تیمارهای تناوب زراعی Rotation treatments	2006-2007		2007-2008		2008-2009		2009-2010		2010-2011		2011-2012	
	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1
گندم-گندم w-w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w	w
آیش-گندم f-w	w	f	f	w	w	f	f	w	w	f	f	w
نخود-گندم c-w	w	c	c	w	w	c	c	w	w	c	c	w
ماشک-گندم v-w	w	v	v	w	w	v	v	w	w	v	v	w
گلرنگ-گندم s-w	w	s	s	w	w	s	s	w	w	s	s	w

L_1 و L_2: به ترتیب قطعه زمین 1 و قطعه زمین 2 و w: گندم، f: آیش، c: نخود، v: ماشک و s: گلرنگ می‌باشند.

L_1 and L_2: Are site1 and site 2, respectively, and w: wheat, f: fallow, c: chickpea, v: vetch and s: safflower



شکل 1- متوسط دمای ماهیانه (سمت چپ) و بارش تجمعی (سمت راست) فصل‌های زراعی طی سال‌های آزمایش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم-سرارود

Fig. 1- Monthly mean temperature (left) and cumulative precipitation (right) of crop seasons in dryland agricultural research station- Sararood in experiment years

ارتفاع بوته گندم

افزایش ارتفاع معمولاً بارزترین تغییر ناشی از رشد در اغلب گیاهان است، افزایش ارتفاع می‌تواند از نظر رقابت با سایر گیاهان در یک جامعه گیاهی مزیت محسوب شود، در غیر این صورت این خصوصیت ممکن است اهمیتی نداشته باشد. یکی از نتایج افزایش ارتفاع گیاه، تشکیل برگ‌های جدید در بالای گیاه است، این خصوصیت گیاه، کار آمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد همچنین ارتفاع گیاه روی رقابت نوری مؤثر است (Mazaheri, 1994). تجزیه واریانس مرکب ارتفاع بوته گندم نشان داد که اثر اصلی سال و اثر متقابل تیمار (تناوب) در سال بر این صفت معنی‌دار بودند، ولی اثر اصلی تناوب بر آن غیر معنی‌دار بود (جدول 2). ارتفاع بوته در سال 89-1388 بیشترین مقدار را داشت که نشان از فراهمی شرایط مناسب رشد در این سال نسبت به دیگر سال‌های اجرای آزمایش بود و مشاهده داده‌های بارندگی در سال 89-1388 (جدول 1) مؤید این وضعیت می‌باشد. اثر متقابل تناوب در سال نشان داد که برای ارتفاع بوته گندم اثر تناوب‌های مختلف بر این صفت در سال‌های متفاوت متغیر می‌باشد، برای مثال در سال 89-1388 که وضعیت بارندگی مناسب بوده است و دوره دوم تناوب بوده است

ارتفاع بوته گندم در تناوب با گلرنگ در حد ارتفاع بوته گندم در تناوب با نخود می‌باشد، ولی در سال آخر (91-1390) ارتفاع بوته گندم در تناوب با گلرنگ نسبت به تناوب نخود کاهش یافته است (جدول 3)، که می‌توان نتیجه گرفت اثرات منفی گلرنگ در کاهش رشد گندم در دوره تناوب طولانی‌تر بر زمین بروز می‌کند و در یک دوره چهار ساله اثر کاهشی معنی‌داری بر ارتفاع بوته گندم نداشته است. غفاری (Ghaffari, 2002) در تناوب نخود، آفتابگردان و آیش با گندم سرداری عدم اختلاف معنی‌دار ارتفاع بوته گندم را در سه دوره تناوبی گزارش نمود.

وزن هزار دانه گندم

پتانسیل وزن دانه ظاهراً قبل از گرده‌افشانی تعیین می‌شود ولی این‌که دانه‌ها بعداً به چه میزانی پر می‌شوند به شرایط حاکم در زمان پر شدن دانه بستگی دارد. کمبود آب بعد از گرده‌افشانی عموماً بدان معنی خواهد بود که دانه‌ها به پتانسیل واقعی خود نمی‌رسند و وزن دانه کاهش می‌یابد. این احتمال وجود دارد که تنش آب فتوسنتز خالص را هم از طریق کاهش سرعت آن و هم از طریق افزایش پیری، کاهش می‌دهد (Yang et al., 2001). برای تولید دانه گیاهان زراعی، وزن هزار دانه نشان‌دهنده سلامتی گیاه در طول دوره پر شدن دانه می‌باشد (Harder et al., 1982) و ممکن است کل عملکرد را در بعضی از گیاهان تحت تأثیر قرار دهد (Lopez-bellido & Fuentes, 1986). نتایج تجزیه واریانس مرکب وزن هزار دانه نشان داد که اثر سال بر این صفت معنی‌دار بود و اثر تناوب و تناوب در سال بر وزن هزار دانه گندم معنی‌دار نبودند (جدول 2). وزن هزار دانه گندم در سال 89-1388 بیشتر از بقیه سال‌ها بود (جدول 3). لوپز بلیدو و همکاران (Lopez-bellido et al., 2000) گزارش کردند که وزن هزار دانه گندم در تمامی تناوب‌های زراعی در یک کلاس آماری و بالاتر از کشت گندم متوالی بود. دوگان و همکاران (Dogan et al., 2008) عدم اختلاف معنی‌دار وزن هزار دانه گندم را طی دو دوره تناوبی در تناوب‌های مختلف گندم با آفتابگردان، کلزا، نخود و حبوبات علوفه‌ای گزارش کردند.

جدول 2- تجزیه واریانس مرکب ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع، عملکرد دانه و بیولوژیکی گندم

Table 2- Analysis of variance for plant height, 1000- grain weight, grain per spike, spike per m^2, grain and biologic yield of wheat

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	وزن هزار دانه 1000-Grain weight	دانه در سنبله Grain per spike	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	ارتفاع بوته Plant height	درجه آزادی∞ df∞	تعداد سنبله در مترمربع Spike per m^2
سال (Y) Year (Y)	3	10335900**	614.3**	180.9**	78044800**	15700.3**	2	266898.0
خطای 1 Error 1	12	56057	3.6	10.6	640534	129.9	9	8839.6
تیمار (T) Treatment (T)	4	757995*	4.1ns	11.4ns	4088580ns	88.8ns	4	20485.6
تیمار× سال T×Y	12	156390**	5.8ns	8.9ns	3626190**	144.1**	8	17764.8
خطای 2 Error 2	48	30564	4.7	6.3	469378	25.6	36	6015.9
کل Total	79	481721	27.8	14.2	4104050	657.9	59	17864.1
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		15.2	7.3	16.4	16.8	7.3		24.8

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

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

∞: تعداد سنبله در متر مربع در سه سال اندازه گیری شده است لذا درجه آزادی برای این صفت متفاوت است.

∞: Number of spikes per meter square was recorded in three years so degree of freedom is different for this trait.

جدول 3- مقایسه میانگین ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبله در مترمربع و عملکرد بیولوژیک گندم در تیمارهای تناوبی در سال‌های مختلف

Table 3- Mean comparison of wheat plant height, 1000- grain weight, grain per spike, spikes per m^{2} and biologic yield in rotations in different years.

	2008-2009	2009-2010	2010-2011	2011-2012	میانگین Mean
ارتفاع بوته (سانتی‌متر) **Plant height (cm)**					
گندم-گندم Wheat-Wheat	35.5^{i}	84.3^{cd}	86.7^{cd}	59.6^{h}	66.5^{a}
گندم-آیش Wheat-Fallow	32.6^{i}	99.7^{b}	80.3^{ce}	69.6^{fg}	70.5^{a}
گندم-نخود Wheat-Chickpea	36.4^{i}	104.5^{ab}	82.0^{ce}	65.6^{gh}	72.1^{a}
گندم-ماشک Wheat-Vetch	32.8^{i}	108.3^{ab}	77.1^{df}	66.4^{gh}	71.1^{a}
گندم-گلرنگ Wheat-Safflower	32.1^{i}	103.9^{ab}	76.0^{ef}	59.4^{h}	67.8^{a}
میانگین Mean	33.9^{d}	100.1^{a}	80.4^{b}	64.1^{c}	
وزن هزار دانه (گرم) **1000- grain weight (g)**					
گندم-گندم Wheat-Wheat	28.3^{bd}	38.1^{a}	23.2^{f}	26.2^{df}	28.9^{a}
گندم-آیش Wheat-Fallow	30.0^{bc}	38.4^{a}	25.5^{df}	25.5^{df}	29.8^{a}
گندم-نخود Wheat-Chickpea	30.5^{b}	36.2^{a}	24.4^{ef}	26.7^{cf}	29.4^{a}
گندم-ماشک Wheat-Vetch	30.4^{b}	36.3^{a}	26.0^{df}	25.1^{df}	29.5^{a}
گندم-گلرنگ Wheat-Safflower	30.2^{bc}	37.7^{a}	27.8^{be}	25.4^{df}	30.3^{a}
میانگین Mean	29.9^{b}	37.3^{a}	25.4^{c}	25.8^{c}	
تعداد دانه در سنبله **Number of grains per spike**					
گندم-گندم Wheat-Wheat	10.9^{g}	16.1^{be}	19.0^{ac}	15.1^{cf}	15.3
گندم-آیش Wheat-Fallow	10.8^{g}	20.0^{ab}	17.8^{ad}	14.7^{dg}	15.8
گندم-نخود Wheat-Chickpea	12.5^{eg}	20.4^{a}	17.6^{ad}	15.5^{cf}	16.5
گندم-ماشک Wheat-Vetch	11.5^{fg}	19.6^{ab}	14.4^{dg}	14.3^{dg}	14.9
گندم-گلرنگ Wheat-Safflower	11.4^{fg}	16.2^{be}	14.6^{dg}	14.9^{dg}	14.3
میانگین Mean	11.4^{c}	18.5^{a}	16.7^{ab}	14.9^{b}	
تعداد سنبله در مترمربع **Number of spikes per m^{2}**					
گندم-گندم Wheat-Wheat	238.1^{df}	233.5^{df}		254.0^{cf}	241.9

گندم-آیش Wheat-Fallow	152.6[f]	362.6[ac]		480.0[a]	331.8
گندم-نخود Wheat-Chickpea	189.5[ef]	373.5[ac]		481.5[a]	348.2
گندم-ماشک Wheat-Vetch	184.3[ef]	286.5[ce]		479.5[a]	316.8
گندم-گلرنگ Wheat-Safflower	214.6[df]	324.2[bd]		439.0[ab]	325.9
میانگین Mean	195.8[c]	316.1[b]		426.8[a]	
عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield (kg.ha^{-1})					
گندم-گندم Wheat-Wheat	1957.5[g]	3752.5[ce]	3206.3[ef]	4786.1[c]	3425.6
گندم-آیش Wheat-Fallow	1531.3[g]	6800.0[b]	3821.3[ce]	3470.0[de]	3905.6
گندم-نخود Wheat-Chickpea	2208.8[fg]	8577.5[a]	4455.0[cd]	4050.5[ce]	4822.9
گندم-ماشک Wheat-Vetch	1835.0[g]	7375.0[b]	3596.3[de]	3909.0[ce]	4178.8
گندم-گلرنگ Wheat-Safflower	1913.8[g]	6857.9[b]	3165.0[ef]	4206.9[ce]	4035.9
میانگین Mean	1889.3[d]	6672.6[a]	3648.8[c]	4084.5[b]	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر قسمت طبق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means within each section fallowed by the same letters aren't significantly different at the 5% probability level of probability based on Duncan test.

تعداد دانه در سنبله

تجزیه واریانس مرکب تعداد دانه در سنبله گندم نشان داد که فقط اثر سال بر این صفت معنی‌دار بود و سایر اثرات غیر معنی‌دار بودند (جدول 2)، با توجه به تفاوت سال‌های آزمایش از لحاظ شرایط آب و هوایی استنباط می‌گردد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر شرایط متغییر آب و هوایی متفاوت می‌باشد. در میان اجزا عملکرد معمولاً کاهش تعداد دانه بیشترین سهم را در تقلیل عملکرد دارد (Jamshidi, 2008). این صفت تحت تأثیر مدیریت‌های مختلف زراعی و همچنین شرایط مختلف محیطی تغییرات زیادی از خود نشان می‌دهد (Khan, 2002). لوپز بلیدو و همکاران (Lopez-bellido et al., 2000) افزایش تعداد دانه در سنبله را در تناوب‌های گندم با لگوم‌ها در مقایسه با کشت متوالی گندم و سایر تناوب‌ها عنوان کردند. آن‌ها همچنین اثر معنی‌دار سال و سال در تناوب بر تعداد دانه در سنبله را گزارش نمودند.

تعداد سنبله در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس مرکب تعداد سنبله در مترمربع نشان داد که اثر اصلی سال و اثر متقابل تناوب در سال بر این صفت معنی‌دار بودند ولی اثر اصلی تناوب غیر معنی‌دار بود (جدول 2). لوپز بلیدو و همکاران (Lopez-bellido et al., 2000) نیز عدم اختلاف معنی‌دار را در تعداد سنبله در مترمربع گزارش نمودند. گندم در سال‌های با شرایط مناسب آب و هوایی تعداد سنبله در مترمربع بیشتری داشته است (جدول 3). با توجه به جدول شماره 3 مشاهده می‌شود که در آخرین دوره تناوب‌ها (سال 91-1390) اثر کشت مداوم گندم بر این صفت نمایان شده به طوری‌که در این سال کمترین تعداد سنبله در مترمربع را در مقایسه با سایر تناوب‌ها داشته است.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک گندم نشان داد که اثر سال و تناوب در سال بر آن معنی‌دار بودند (جدول 2). عملکرد بیولوژیک گندم در سال 91-1390 بیشترین و در سال 88-1387 کمترین مقدار در میان چهار سال تحت آزمایش را داشتند (جدول 3). تناوب گندم-گندم کمترین عملکرد بیولوژیک را تولید نمود و تناوب

زراعی گندم-نخود دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک بود (جدول 3).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه گندم نشان داد که اثر سال، تناوب و تناوب در سال بر آن معنی‌دار بودند (جدول 2). مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم در تناوب‌های مختلف مشخص نمود که تیمار گندم-گندم در کلاس پایین‌تر نسبت به بقیه تناوب‌ها قرار گرفت و تناوب گندم-نخود بیشترین عملکرد دانه را تولید نمود هر چند که از لحاظ آماری در یک کلاس با تناوب گندم-ماشک، گندم-آیش و گندم-گلرنگ قرار داشت (جدول 4). عملکرد دانه گندم در سال اول در همه تناوب‌ها مشابه بوده است که می‌تواند به این دلیل باشد که اثرات منفی کشت متوالی گندم در مقایسه با سایر تناوب‌ها هنوز نمایان نشده است، ولی در سال‌های بعد عملکرد دانه گندم در کشت متوالی گندم به طور معنی‌دار از بقیه تناوب‌ها کمتر است (جدول 4). عملکرد دانه گندم در تناوب با نخود در سال دوم بیشتر از سایر تناوب‌ها بود ولی در سال سوم و چهارم عملکرد دانه گندم در تناوب‌های گندم با آیش و ماشک (*Vicia dasycarpa* Ten.) نزدیک یا بیشتر از آن شده‌اند، که نشان می‌دهد عملکرد دانه گندم در صورت تداوم تناوب گندم با آیش و یا ماشک افزایش یابد، البته اثبات این امر نیاز به بررسی طولانی مدت این تناوب‌ها را می‌طلبد. این نتایج با گزارشات دوگان و همکاران (Dogan et al., 2008) و غفاری (Ghaffari, 2002) مطابقت دارد. دوگان و همکاران (Dogan et al., 2008) عدم بهره‌مندی گندم بعد از نخود را به دلیل تلقیح نکردن نخود یا خاک با باکتری‌ها عنوان نمود. چان و هینان (Chan & Heenan, 1993) افزایش عملکرد دانه گندم را در تناوب لوپن-گندم مربوط به افزایش کیفیت ماده آلی خاک از طریق کاهش نسبت C/N دانستند و استیونسون و کسل (Stevenson & Kessel, 1996) نیز افزایش عملکرد گندم در تناوب گندم–نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) نسبت به کشت مداوم گندم را ناشی از شکسته شدن چرخه بیماری‌های گندم و فراهمی عناصر پتاس، فسفر و گوگرد عنوان کردند. همبستگی عملکرد دانه گندم در تناوب‌های مختلف مورد بررسی با مجموع بارندگی در همان سال‌ها نشان داد که در تمامی تناوب‌ها به غیر از کشت متوالی گندم، عملکرد دانه با بارندگی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشته است. بنابراین استنباط می‌شود که در کشت متوالی گندم پتانسیل استفاده از شرایط مطلوب رشد کاهش یافته است. لوپز بلیدو و همکاران (Lopez-bellido et al., 2000) اثر متفاوت تناوب زراعی بر عملکرد دانه گندم را در سال‌های مختلف (به دلیل شرایط مختلف آب و هوایی) گزارش کردند. آن‌ها همچنین کمترین و بیشترین عملکرد دانه گندم را به ترتیب در تناوب‌های گندم-گندم و گندم-بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) به دست آوردند.

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد دانه گندم (کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای تناوبی در سال‌های مختلف

Table 4- Mean comparison of wheat grain yield (kg.ha^{-1}) in rotations in different years

	2008-09	2009-10	2010-11	2011-12	میانگین Mean
گندم-گندم Wheat-Wheat	695.1 ^{fg}	1443.2^{c}	495.3^{g}	518.7^{g}	788.1^{b}
گندم-آیش Wheat-Fallow	624.0 ^{fg}	2354.1^{b}	911.3^{ef}	866.0^{ef}	1188.9^{a}
گندم-نخود Wheat-Chickpea	806.7 ^{ef}	2657.7^{a}	1182.6^{d}	745.0^{fg}	1348.0^{a}
گندم-ماشک Wheat-Vetch	813.9 ^{ef}	2371.7^{b}	1078.0^{de}	870.0^{ef}	1283.4^{a}
گندم-گلرنگ Wheat-Safflower	750.9 ^{fg}	2288.1^{b}	859.4^{ef}	691.2^{fg}	1147.4^{a}
میانگین Mean	738.1^{c}	2223.0^{a}	905.3^{b}	738.2^{c}	

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر قسمت طبق آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means within each section fallowed by the same letters aren't significantly different at the 5% probability level of probability based on Duncan test.

دیگران نیز نتایج مشابهی در کاهش عملکرد گندم در کشت متوالی آن گزارش کرده‌اند (McEwen et al., 1989; Miller et al., 2003; Christen et al., 1992; Power, 1990). دبیک و هیلایر (Debeake & Hilaire, 1997) در تناوب‌های زراعی مختلف با گندم طی نه سال در شرایط کم‌نهاده و بدون آبیاری عدم اختلاف معنی‌دار عملکرد دانه گندم را مشاهده کردند ولی در شرایط مصرف نهاده متوسط و کم‌آبیاری و نهاده زیاد و آبیاری کامل تفاوت معنی‌دار بین تناوب‌های مختلف بر عملکرد دانه گندم را گزارش نمودند. بنابراین در انتخاب نوع تناوب زراعی سایر عوامل مدیریت زراعی نیز باید در نظر گرفته شوند.

نتیجه‌گیری

طبق نتایج فوق مبنی بر کاهش عملکرد دانه گندم در کشت متوالی آن نسبت به سایر تناوب‌ها بنابراین توصیه اکید بر حذف کشت متوالی گندم در منطقه کرمانشاه و سایر مناطق مشابه اکولوژیکی می‌شود. همچنین با توجه به این‌که عملکرد دانه گندم در تناوب با آیش نسبت به تناوب با سایر محصولات زراعی (نخود، ماشک و گلرنگ) برتری نداشت و در یک کلاس آماری قرار گرفت، می‌توان آیش را به دلیل تولید یک محصول بیشتر در سایر تناوب‌ها حذف نمود، در نتیجه کشاورزان دیم کار منطقه می‌توانند تناوب گندم با نخود، ماشک و گلرنگ را با در نظر داشتن سایر اولویت‌های خود (تولید علوفه، جنبه‌های اقتصادی و ...) انتخاب و اجرا نمایند.

منابع

Chan, K.Y., and Heenan, D.P. 1993. Effects of lupine on soil properties and wheat production. Australian Journal of Agricultural Research 44: 1971-1984.

Christen,O., Sieling, K., and Hanus, H. 1992. The effect of different preceding crops on the development growth and yield of winter wheat. Europian Journal of Agronomy 1: 21-28.

Cutforth, H.W., McGinn, S.M., McPhee, K.E., and Miller, P.R. 2007. Adaptation of pulse crops to the changing climate of the northern Great Plains. Agronomy Journal 99: 1684-1699.

Debaeke, P., and Hilaire, A. 1997. Production of rainfed and irrigated crops under different crop rotations and input levels in southwestern France. Canadian Journal of Plant Science 77(4): 539-548.

Dogan, R., Goksoy, T.A., Yagdi, K., and Turan, M.Z. 2008. Comparison of the effects of different crop rotation systems on winter wheat and sunflower under rain-fed conditions. African Journal of Biotechnology 7: 4076-4082.

Edalat, M., Ghadiri, H., Kamgar Haghighi, A., Emam, Y., Ronaghi, A., and Assad, M.T. 2006. Interactions of two crop rotations and nitrogen levels on grain yield and its components of two bread wheat cultivars under dryland conditions in Shiraz. Iranianian Journal of crop sciences 8(2): 106-120. (In Persian with English Summary)

Ghaffari, A. 2002. Study on rotation of wheat (Sardari cultivar) with sunflower, chickpea and fallow under dryland conditions. Plant and Seed 18: 130-143. (In Persian with English Summary)

Harder, H.J., Carlson, R.E., and Shaw, R.H. 1982. Yield, yield components, and nutrient content of corn grain as influenced by post-silking moisture stress. Agronomy Journal 74: 275-278.

Jamshidi, K. 2008. Study on some eco-physiologic traits of corn and cowpea in itercropping. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Tehran University, Iran. (In Persian with English Summary)

Khan, M.A. 2002. Production efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.) as affected by inoculation, phosphorus levels and intercropping. PhD thesis in agronomy, Faculty agriculture, University of agriculture, Faisalabad, Pakistan p. 209.

Lopez-Bellido, L., Bellido, R.J.L., Castillo, J.L., and Bellido, F.J.L. 2000. Effect of tillage, crop rotation, and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal 92: 1054-1063.

Lopez-bellido, L., and Fuentes, M. 1986. Lupin crop as an alternative source of protein. Advances in Agronomy 40: 289-295.

Mazaheri, D. 1994. Intercropping. Tehran University Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Mazaheri, D., and Majnoon Hoseini, N. 2001. Fandamental of Agronomy. Tehran University Press 320 pp. (In Persian)

McEwen, J., Darby, R.J., Hewitt, M.V., and Yeoman, D.P. 1989. Effects of field beans, fallow, lupins, oats, oilseed rape, peas, ryegrass, syssunflowers and wheat on nitrogen residues in the soil and on the growth of a subsequent wheat crop. Journal of Agricultural Science 115: 209-219.

Miller, P., Gan, Y., McConkey, B.G., and McDonald, C.L. 2003. Pulse crop for the northern Great Plains, II. Cropping sequence effects on cereal, oilseed, and pulse crops. Agronomy Journal 95: 980-986.

Park, B., Lopetinsky, K., Bjorklund, R., Buss, T., Eppich, S., and Laflamme, P. 1999. Park, B., and Lopetinsky, K., editors, Pulse crops in Alberta. AGDEX 142/20-1. Alberta Agricultur and Rural Development, Edmonton, AB.

Power, J.F. 1990. Fertility management and nutrient cycling p. 131-150. In R.P. Singh et al. (ed.) Dryland agricultural strategies for sustainability. Vol. 13. Advances in soil science. Springer-Verlag, New York.

Stevenson, F.C., and Kessel, C.V. 1996. The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crops. Canadian Journal of Plant Science 76: 735-745.

Syadat, S.A, Sadeghzadeh Hemayati, S., Fathi, G.H., and Abdali Mashhadi, A. 2009. Determination of the best suitable crop rotation for Ahvaz. Iranianian Journal of crop sciences 11: 174-192. (In Persian with English Summary)

Williams, C.M., King, J.R., Ross, S.M., Olson, M.A., Hoy, C.F., and Lopetinsky, K.J. 2014. Effects of three pulse crops on subsequent barley, canola, and wheat. Agronomy Journal 106: 343-350.

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q., and Liw, L. 2001. Water deficit induced senescence and its relationship to the remobilization of pro-stored carbonin wheat during grain filling. Agronomy Journal 93: 196-206.

Zareafeizabadi, A., and Rostamzadeh, H.R. 2013. Effects of crop rotation on weed density, biomass and yield of wheat (*Titicum aestivum* L.). Journal of Agroecology 5(3): 318-329. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 373-384

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 384-373

Effect of Different Crop Rotations on Grain Yield and some Agronomic Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Dryland Conditions of Kermanshah

Abdulahi[1*]
Submitted: 14-07-2014
Accepted: 25-04-2015

Abdulahi, A. 2016. Effect of different crop rotations on grain yield and some agronomic traits of wheat (*Triticum aestivum* L.) in dryland conditions of Kermanshah. Jounal of Agroecology 8(3): 373-384.

Introduction

Crop sequencing with a particular arrangement in a 2-3 or more yearly period is known as crop rotation. Considering crop diversity and soil fertility crop rotation is essential because it prevents soil degradation which is a result of sequential cultivation of one crop causing nutrients imbalance, exudation of different compounds and antibiotics from crop roots. Determining crops sequencing, affects crops yield and its quality. It was reported by many researchers that including the forage crops and legumes as a winter crop in rotation either for forage production or green manuring, i.e. growing two or three crops annually was a necessary practice for improving the soil fertility as well as increasing the annual revenue. So, this study was conducted to investigate effects of different crop rotations on grain yield and some agronomic traits of wheat in dryland conditions.

Materials and methods

The experiment was carried out based on randomized complete block design (RCBD) with four replications in two neighbor sites in dryland agricultural research sub-institute Sararood - Kermanshah during six years from autumn 2006 fall to 2012 summer. Treatments were concluded five crop rotations as wheat (*Triticum aestivum* L.) - wheat, fallow - wheat, chickpea (*Cicer arientinum* L.) - wheat, vetch (*Vicia dasycarpa* Ten.) - wheat and safflower (*Carthamus tinctorius* L.) - wheat. All crop rotations were included wheat so in one site the first year wheat was cultivated in all plots and in other site the other components of crop rotations were cultivated. Plot area was 10×20 m^2. Plant height (10 randomized plants), number of spikes per meter square, number of seeds per spike, thousand seeds weight, biologic yield and grain yield were analyzed.

Results and discussion

Main effect of year on wheat plant height and yield components were significant and showed different climatically conditions in experiment years. Interaction effect of rotation × year was significant on wheat plant height and number of spikes per m^2, and in the end of rotation period (2011-12) effect of continuous wheat appeared on number of spikes per m^2 as in this year the lowest number of spikes per m^2 in continuous wheat observed compare to other rotations. Ghaffari (2002) considered the rotation of chickpea, sunflower (*Helianthus annuus* L.) and fallow with wheat and reported no significant effect on plant height of wheat in three period of rotation. The results of thousand kernel weight showed non significance difference among rotations and year × rotation interaction that were similar to results of Dogan et al. (2008) in two rotation period of wheat and sunflower, canola (*Brassica napus* L.), chickpea and forage pulses. Results of composite ANOVA for biologic and grain yield of wheat showed significant effect of year and treatment × year on these traits; and continuous wheat had the lowest yield and other rotations were located in higher classes. Continuous wheat treatment at the last year had the lowest spikes per meter square among rotations. Stevenson and Kessel (1996) stated an increasing trend in wheat grain yield in pea (*Pisum sativum* L.) – wheat rotation compared to continuous wheat due to breaking of diseases cycles and availability of potas, phosphorous and sulfur. Correlation between wheat grain yield in different rotations with total precipitation showed that in all rotations except continuous wheat, there was a positive significant correlation between precipitation and wheat grain yield. So, it can be concluded that continuous wheat has reduced the potential usage of optimum growing conditions.

Conclusion

1- Assistant Professor in Dryland Agricultural Research Institute, Sararood branch, Agricultural Research, Education and Extension (AREEO), Kermanshah, Iran
(*- Corresponding author Email: a.abdolahi@areo.ir)

Rotation of wheat with each of these crops (chickpea, vetch and safflower) can be proposed, considering the importance of crop diversity and additional yield of these crops.

Keywords: Chickpea, Fallow, Safflower, Sequential cultivation, Vetch

References

Dogan, R., Goksoy, T.A., Yagdi, K., and Turan, M.Z. 2008. Comparison of the effects of different crop rotation systems on winter wheat and sunflower under rain-fed conditions. African Journal of Biotechology 7: 4076-4082.

Ghaffari, A. 2002. Study on rotation of wheat (Sardari cultivar) with sunflower, chickpea and fallow under dryland conditions. Plant and Seed 18: 130-143. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 385-396

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 396-385

راندمان کنترل علف‌هرز گلرنگ وحشی(*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) در کشت مخلوط جایگزینی جو (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک علوفه‌ای (*Vicia sativa* L.)

عبدالرضا احمدی[1*] و علیرضا دارائی مفرد[2]

تاریخ دریافت: 1393/06/09
تاریخ پذیرش: 1393/12/17

احمدی، ع.ر.، دارائی مفرد، ع.ر. 1395. راندمان کنترل علف‌هرز گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) در کشت مخلوط جایگزینی جو (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک علوفه‌ای (*Vicia sativa* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3): 396-385.

چکیده

به منظور بررسی عملکرد کمی و کیفی علوفه در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و ماشک معمولی (*Vicia sativa* L.) آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال زراعی 93-1392 با 24 تیمار به صورت فاکتوریل 4×6 در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. کاشت مخلوط به صورت جایگزینی همزمان اجراء شد، فاکتور اول شامل شش سطح جزء کشت مخلوط، تک‌کشتی (کشت خالص) کاشت ماشک معمولی 100 درصد، 55-45 درصد (جو-ماشک)، 65-35 درصد، 55-45 درصد، 35-65 درصد و تک‌کشتی جو و فاکتور دوم شامل چهار سطح آلوده به علف‌هرز گلرنگ وحشی (*Carthamus oxyacantha* Bieb.): شاهد (عاری از علف‌هرز)، 10، 15 و 20 بوته در مترمربع بود، نتایج حاصل از آزمایش نشان داد به تناسب تغییر در وزن خشک برگ و ساقه دو گیاه مورد آزمایش، عملکرد علوفه نیز تغییر یافت. در بین اجزاء مخلوط (نسبت‌های بذری بر اساس تراکم)، نقش ترکیب 35-65 درصد در کاهش بیوماس گلرنگ وحشی مؤثرتر از سایر ترکیب‌ها بود، از طرفی دو نسبت بذری 65-35 و تک‌کشتی ماشک، کمترین نقش را در کنترل علف‌هرز داشتند. همچنین نتیجه گرفته شد که سهم ماشک معمولی در افزایش بهره‌برداری از منابع محیطی و سودمندی کشت مخلوط (LER) بیش از جو می‌باشد، بنابراین کاهش سهم ماشک در سیستم مخلوط، علی‌رغم قدرت رقابتی این گیاه با علف‌های‌هرز منجر به کاهش LER این گیاه خواهد شد. از طرفی نسبت رقابت (CR) برای جزء مخلوط ماشک معمولی در مقایسه با جو در تمام تیمارها بزرگ‌تر از یک بود، بیشترین نسبت رقابت برای ماشک و جو معادل 2/64 و 1/83 بود که به ترتیب از ترکیب مکمل مخلوط 55-45-شاهد و 35-65-شاهد به دست آمد. بر اساس محاسبات صورت گرفته نشان داده شد که سهم ماشک معمولی در راندمان کنترل علف‌هرز (WCE) گلرنگ وحشی، بیش از جو است، محاسبات نشان داد که این راندمان، توسط اجزاء مخلوط در تراکم 15 بوته گلرنگ وحشی در مترمربع، بیش از 10 و 20 بوته می‌باشد. در ماشک معمولی و جو بیشترین عملکرد علوفه خشک در کشت مخلوط، به ترتیب از ترکیب 35-65-15 درصد و 65-35-10 درصد برابر با 2/802 و 3/093 تن در هکتار به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: راندمان کنترل علف‌هرز، عملکرد علوفه، نسبت برابری زمین، نسبت رقابت

مقدمه

کشاورزی پایدار با مدیریت صحیح منابع کشاورزی توصیف می‌گردد، که علاوه بر اثرات رضایت‌بخش برای انسان، در کنترل آفات، بهداشت محیط و استفاده از ظرفیت منابع آب و خاک سهیم است (Reijntjes & Haverkortand, 1992). از طرفی کاربرد غیراصولی علف‌کش‌ها، علاوه بر افزایش هزینه واحد زراعی، منجر به گزینش گونه‌های مقاوم علف‌هرز به عنوان عامل آلوده‌کننده محیط می‌گردد، اما کاهش مصرف علف‌کش‌ها، یکی از اهداف کشاورزی مدرن اکولوژیک از طریق کشت مخلوط می‌باشد و اعتقاد بر این است

1 و 2- به ترتیب استادیار علوم علف‌های هرز و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: Ahmadi.a@lu.ac.ir)

که راندمان کنترل علف‌هرز[1] (WCE) در این سیستم زراعی، بیشتر از تک‌کشتی و کنترل شیمیایی آن‌ها می‌باشد (Hamzei & Seyedi, 2013).

در شرایط طبیعی تولید، حفظ محیط از وجود علف‌های‌هرز مستلزم صرف هزینه می‌باشد، یکی از تمهیدات مهم در کنترل علف های هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار، استفاده از کشت مخلوط می‌باشد (Silva et al., 2009). علف‌های هرز به عنوان یکی از مهمترین عوامل در کاهش عملکرد محصولات زراعی محسوب می‌شوند، در شرایط طبیعی تولید، حفظ محیطی عاری از علف‌های هرز امکان‌پذیر نمی‌باشد. به عقیده گومز و همکاران (Gomez et al., 2005) به طور معمول، کشت مخلوط به کاهش فشار ناشی از علف‌های هرز کمک می‌کند، در گیاهان زراعی که به طور ارگانیک کشت شده و دارای قدرت رقابتی ضعیفی می‌باشند، مانند پیاز (*Allium cepa* L.)، تره-فرنگی (*Allium porrum* L.) و هویج (*Daucus carota* L.) بیش از 400 ساعت در هکتار وجین دستی ممکن است که کنترلی معادل با استفاده از مقادیر کم علف‌کش‌ها داشته باشد (Agegnehu et al., 2006). علاوه بر این، رایج‌ترین دلیل پذیرش سیستم‌های مخلوط، سودمندی عملکرد است، که این امر با بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی نسبت به کشت خالص میسر خواهد شد (به ویژه هنگامی که از گیاهان تثبیت‌کننده نیتروژن در این سیستم استفاده شود، مانند مخلوط، جو/ باقلا، گندم/ نخود و ذرت/ نخود گاوی) (Agegnehu et al., 2006; Banik et al., 2006; Geren et al., 2008).

با توجه به مزاحمت علف‌های هرز در کاهش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی از طریق رقابت یا آللوپاتی، این افت عملکرد به رقم گیاه زراعی، گونه و تعداد علف‌هرز در واحد سطح کشت، دوره رقابت و نیز مرحله رشد گیاه زراعی بستگی دارد، بنابراین موضوع کنترل علف‌های هرز به طور وسیع مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته تا بتوان بدون اتکاء به علف‌کش‌ها در این مسیر موفق عمل نمود، کاربرد علف‌کش‌ها در زراعت مخلوط، تلاش خطرناکی بوده و عمل مطلوبی از دیدگاه اکولوژیک محسوب نمی‌شود، بنابراین مطالعه زیست‌شناسی و کنترل زراعی علف‌هرز، از جمله اجزاء اصلی مدیریت تلفیقی علف‌های هرز به حساب می‌آیند، اما تحقیقات اخیر با مسائل پیچیده‌ای در ارتباط با مدیریت اکولوژیک علف‌های هرز مواجه شده که در نهایت استفاده جزئی از مواد شیمیایی را با کمترین آسیب زیست‌محیطی توجیه می‌کنند (Midya et al., 2005).

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2014) طی آزمایشی روی کشت مخلوط ردیفی دو گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) بیان داشتند که بیشترین و کمترین وزن خشک علف‌های هرز در گندم خالص و کشت مخلوط سه ردیفی مشاهده شد. همچنین الگوهای کشت خالص دارای بیشترین شاخص شانون بودند، به طوری‌که بیشترین و کمترین شاخص شانون در تمام مراحل نمونه‌برداری در کشت خالص گندم و الگوی دو ردیفی به دست آمد.

زاویه مودت و همکاران (Zaviehmavadat et al., 2013) نشان دادند که وزن خشک علف‌هرز در مخلوط ذرت-نخود گاوی به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد، همچنین مظاهری و همکاران (Mazaher et al., 2001) نتیجه گرفتند که تیمارهای کشت مخلوط با تراکم بیشتر (به ویژه در کشت افزایشی) باعث کاهش وزن خشک علف‌هرز می‌شود. به عقیده بانیک و همکاران (Banik et al., 2000) به منظور افزایش راندمان استفاده از زمین و کنترل علف‌هرز، کشت مخلوط نقش مهمی را ایفا می‌کند. بر این اساس، جیابال و کوپوسوامی (Jeyabal & Kuppuswamy, 2001) بیان داشتند که یکی از دلایل بهره‌برداری از منابع، الحاق کردن لگوم‌ها در سیستم مخلوط است. در کشت مخلوط گندم- نخود، بیشترین وزن خشک علف‌هرز از کشت خالص گندم به دست آمد، اما جمعیت و وزن علف‌هرز در سیستم مخلوط به طور قابل توجهی کاهش یافت (Banik et al., 2006). زارع و همکاران (Zarea et al., 2010) در کشت مخلوط انواع شبدرها نشان دادند که کنترل علف‌هرز و کاهش بیوماس آن‌ها متأثر از کشت مخلوط بوده و همچنین سودمندی عملکرد را نسبت به کشت خالص (تک‌کشتی) نشان دادند. هدف از این آزمایش، تعیین نقش تنوع گیاهان زراعی در کاهش اثرات علف‌هرز و تولید محصول بر اساس سودمندی کشت مخلوط نسبت به خالص بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به منظور بررسی کشت مخلوط به صورت جایگزینی همزمان[2] در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان در سال زراعی 93-1392 اجراء گردید (اقلیم منطقه معتدل، متوسط بارندگی سالانه 524 میلی‌متر و میانگین درجه حرارت سالانه 17/07

1- Weed control efficiency

2- Replacement series technique

درجه سانتی‌گراد). آزمایش به صورت فاکتوریل 4×6 در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. ابعاد هر کرت 5×2 مترمربع با 10 ردیف کشت، با فاصله ردیف 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. فاکتور اول شامل شش سطح از اجزاء کشت مخلوط به شرح زیر بود:

کشت خالص ماشک معمولی (100 درصد) ، 45-55 درصد (جو- ماشک معمولی)، 65-35 درصد، 55-45 درصد، 35-65 درصد و کشت خالص جو (100 درصد)، فاکتور دوم شامل چهار سطح آلودگی علف‌هرز گلرنگ وحشی: شاهد (عاری از علف‌هرز)، 10، 15 و 20 بوته در مترمربع. آماده‌سازی زمین با استفاده از گاوآهن مرسوم (برگردان- دار) در مناطق دیم خرم‌آباد صورت گرفت، سپس با استفاده از دیسک، دو بار عمود بر هم، کلوخه‌ها خرد و زمین تسطیح شد، بر اساس نتایج آزمایش خاکشناسی، از 40 کیلوگرم کود اوره در هکتار و نیز 40 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل با 48 درصد فسفر قابل جذب بر اساس نیاز غذایی ماشک معمولی استفاده شد، دو سوم نیتروژن (منبع اوره) و تمام فسفات را به هنگام کاشت و یک سوم نیتروژن در مرحله ساقه‌دهی (دهم اسفندماه) به صورت سرک به زمین داده شد. عملیات وجین علف‌های هرز (به غیر از گلرنگ وحشی) 30 روز پس از کاشت، دومین مرحله در اسفندماه و سایر مراحل بر اساس رشد علف‌هرز در منطقه آزمایشی اعمال شد (در این آزمایش پنج مرحله کنترل علف‌هرز انجام گرفت).

بذر علف‌هرز گلرنگ وحشی (در تاریخ 30 مهرماه) در بین ردیف‌های کاشت کرت‌های آزمایشی همراه با اجزاء مخلوط کشت گردید. برداشت نهایی علوفه، در مرحله شیری شدن دانه‌های تریتیکاله و گلدهی ماشک معمولی در 27 فروردین‌ماه (در خرم‌آباد مرحله رسیدگی دو گیاه مورد آزمایش برای برداشت علوفه همزمان می‌باشد) با استفاده از داس و با حذف یک ردیف کاشت از طرفین و نیز حذف 30 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه با استفاده از قابی به ابعاد 1×1 مترمربع انجام شد، در این آزمایش اجزاء و عملکرد علوفه دو گیاه زراعی (ماشک معمولی و جو) و وزن خشک علف‌هرز، متأثر از اجزاء مخلوط مورد بررسی قرار گرفت. خشک کردن نمونه‌ها (گیاهان زراعی و علف‌هرز) در آون با دمای 74 درجه سانتی‌گراد و به مدت 24 ساعت انجام شد. راندمان کنترل علف‌هرز و شاخص‌های سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص (نسبت برابری زمین، LER[1]، و نسبت رقابت، CR[2]) با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد.

$WCE=((W_DW_c-W_DW_i)/W_DW_c)\times100$ (معادله 1)

که W_DW_c: وزن خشک علف‌هرز در کشت خالص و W_DW_i: وزن خشک علف‌هرز در کشت مخلوط

(Hamzei & Seyedi, 2013)

$LER_t=LER_v+LER_c$ (معادله 2) $LER_v=Y_{vc}/Y_v$

$LER_c=Y_{cv}/Y_c$

(Dhima et al., 2006; Hauggaard-Nielsen, 2005; Tsubo et al., 2004)

در این معادله‌ها، LER_v: نسبت برابری زمین برای ماشک، LER_c: نسبت برابری زمین برای جو، Y: عملکرد در واحد سطح، Y_{vc}: عملکرد در واحد سطح، در کشت مخلوط ماشک–جو، Y_v: عملکرد در واحد سطح، در کشت خالص ماشک، Y_{cv}: عملکرد در واحد سطح، در کشت مخلوط جو–ماشک، Y_c: عملکرد در واحد سطح، در کشت خالص جو و LER_t: نسبت برابری زمین کل می‌باشد.

$CR\ vetch=(LER\ vetch/LER\ cereal)\times(Z_{cv}/Z_{vc})$ (معادله 3)

$CR\ cereal=(LER\ cereal/LER\ vetch)\times(Z_{vc}/Z_{cv})$ (معادله 4)

Z_{cv}: نسبت کاشته شده جو در ماشک (بر حسب درصد بذر یا تراکم مکمل مخلوط) و Z_{vc}: نسبت کاشته شده ماشک در جو می‌باشد (Dhima et al., 2006). داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری Mstat-C (نسخه 1/42) تجزیه و تحلیل و مقایسات میانگین با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

گلرنگ وحشی

محاسبات صورت گرفته نشان داد که ماشک معمولی در مقایسه با جو، نقش قابل توجهی در کنترل علف‌هرز گلرنگ وحشی دارد (جدول 2). همچنین محاسبات نشان داد که این راندمان، توسط اجزاء مخلوط در تراکم 15 بوته گلرنگ وحشی در مترمربع، بیش از 10 و 20 بوته می‌باشد. بیشترین WCE از ترکیب 35-65-15 درصد (جو- ماشک معمولی-گلرنگ وحشی) معادل 51/99 درصد و کمترین آن، در مقایسه با کشت خالص جو، از ترکیب 65-35-15 درصد، معادل 161/27 درصد به دست آمد (جدول 2). همچنین نتیجه گرفته شد که

1- Land equivalent ratio
2- Competition relative

نقش ماشک معمولی در مقایسه با جو در کشت مخلوط مورد آزمایش در کنترل زیستی علف‌هرز گلرنگ وحشی بیشتر بوده، بنابراین افزایش متعادل تراکم لگوم نسبت به غله می‌تواند در کارآمدی سیستم مخلوط قابل توجه باشد. حمزه‌ای و سیدی (Hamzei & Seyedi, 2013) نتیجه گرفتند که راندمان کنترل علف‌هرز سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) در کشت مخلوط بیش از تک‌کشتی است، و صدرآبادی حقیقی (Sadrabadi-Haghighi, 1998) بیان داشت که سیستم‌های مخلوط لگوم-جو، به علت سایه‌اندازی و نیز تنش رقابتی حاصل از جو اثر بازدارندگی بر رشد علف‌های‌هرز خواهد داشت. اثر متقابل سطوح مختلف علف‌هرز و اجزاء مکمل مخلوط (لگوم-غله) معنی‌دار بود (p≤0/01) (جدول 1).

جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری شده تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی

Table 1- Analysis of variance (mean squares) of measured traits affected by experiment treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	علوفه خشک ماشک علوفه‌ای Dry matter of forage vetch	علوفه خشک جو علوفه‌ای Dry matter of forage barley	وزن خشک گلرنگ وحشی Dry weight of wild safflower
تکرار Replication	2	0.000	0.008	0.772
گلرنگ وحشی Wild safflower	3	0.001**	0.826**	409.747**
اجزاء مخلوط Components of the mixture	5	15.818**	18.099**	50.890**
اثر متقابل Interaction	15	0.001**	0.932**	9.719**
خطا Error	46	0.000	0.003	0.044
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		0.43	2.41	3.79

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: Significant at the 1% level probability

بر اساس مطالعه بیوماس علف‌هرز، تیمار تک‌کشتی ماشک معمولی (100 درصد) بیشترین را به خود اختصاص داد و این بیوماس با افزایش تعداد علف‌هرز (گلرنگ وحشی) افزایش یافت (در تیمار دارای 10 بوته، وزن خشک علف‌هرز 5/42، در 15 بوته، وزن خشک علف‌هرز 12/02 و در 20 بوته، وزن علف‌هرز 17/45 گرم در مترمربع بود). اما، در کشت خالص جو، کمترین وزن خشک علف‌هرز در تراکم 10، 15 و 20 بوته در مترمربع، به ترتیب معادل 1/747، 3/467 و 5/3 گرم در مترمربع به دست آمد که حاکی از کنترل و کاهش مطلوب رشد علف‌هرز در حضور گیاه جو می‌باشد (جدول 2).

بائومن و همکاران (Baumann et al., 2002) تأثیر کشت مخلوط را به عنوان سیستم زراعی مؤثر بر کنترل علف‌های‌هرز بیان کردند، به این صورت که افزایش در تراکم مخلوط به دلیل سایه-اندازی بر روی علف‌های هرز سبب عمودی شدن برگ‌ها، کاهش نسبت گل‌آذین-ساقه، تولید بذر و در نهایت بیوماس علف‌هرز پیرگیاه (*Senecio vulgaris* L.) شد. بلک شاو و همکاران (blackshaw et al., 1998) در بررسی تأثیر افزایش مقدار بذر گندم بهاره (*Triticum* spp.) روی تولید بیوماس علف‌هرز منقار لک‌لکی (*Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. ex Ait.) افزایش مقدار بذر گندم از 50 به 300 کیلوگرم در هکتار را عامل کاهش 53 درصدی تولید بیوماس این گیاه دانستند، لذا تحقیقات انجام شده در مورد تأثیر افزایش تراکم گیاه زراعی در متوقف ساختن رشد علف‌های هرز حاکی از مؤثر بودن این شیوه کنترلی است. همچنین در بین اجزاء مخلوط (نسبت‌های بذری)، نقش ترکیب (جو 35 درصد-ماشک معمولی 65 درصد) در کاهش بیوماس گلرنگ وحشی مؤثرتر از سایر ترکیب‌ها بود، از طرفی کمترین کنترل بعد از تک‌کشتی ماشک، توسط تیمار (جو 35 درصد-ماشک معمولی 65 درصد) اعمال شد. در این آزمایش چنین استنباط شد که افزایش جزء مخلوط ماشک منجر به افزایش بیوماس علف‌هرز خواهد شد، احتمالاً علت افزایش رشد علف‌هرز را می‌توان به رشد کُند

ماشک (به ویژه در مراحل ابتدایی رشد)، عدم توانایی ماشک معمولی در رقابت با گلرنگ وحشی (به دلیل سطح برگ کوچک، عدم وجود ساختار رشد عمودی، کوتاه و خزنده بودن ساقه) نسبت داد، همچنین نقش مؤثر ترکیب 35-65 درصد در کاهش بیوماس علف‌هرز را می‌توان مربوط به کاهش نفوذ نور به زیر تاج‌پوشش و احتمالاً عدم رقابت اجزاء مخلوط (با وجود زیستگاه مشترک) در کسب منابع محیطی دانست، زیرا جو و ماشک از منابع نسبتاً مختلفی استفاده کرده به طوری‌که کسب انرژی از محیط توسط مخلوط لگوم-غله به مراتب با کسب این انرژی توسط تک‌کشتی آن‌ها تفاوت داشته و در نتیجه نقش آن‌ها در کنترل علف‌هرز نیز متفاوت خواهد بود، بر این اساس (Hauggaard-Nielsen et al., 2001) در مطالعه مخلوط لگوم-غله بیان داشتند که جذب نیتروژن در شرایط کشت خالص- علف‌هرز به مراتب بیشتر از جذب در شرایط مخلوط- علف‌هرز است و لذا گیاهان در سیستم تک‌کشتی ممکن است رشد بیشتری نموده و با علف‌های هرز به خوبی رقابت نمایند، این نتایج مؤید نتایج آزمایش حاضر می‌باشد.

نسبت برابری زمین (LER)

یکی از رایج‌ترین شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط نسبت به خالص، LER می‌باشد، در این آزمایش نتیجه گرفته شد که سهم ماشک معمولی در افزایش بهره‌برداری از منابع محیطی و سودمندی کشت مخلوط بیش از جو می‌باشد، به طوری‌که نسبت برابری زمین کل (LER Total) در تمام اجزاء مکمل مخلوط از یک بزرگ‌تر بود، البته باید ذکر نمود که نسبت برابری جزیی (Partial LER) در تمام تیمارها از یک کمتر بود، ماشک معمولی تمایل بیشتری به عدد یک نشان داد، اما در جو این تمایل کم‌تر بود (جدول 3).

جدول 2 (الف)- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و علف‌هرز گلرنگ وحشی در صفات مورد مطالعه

Table 2(A)- Mean comparisons interaction of intercropping and wild safflower in studied feature

تیمار Treatments	علوفه خشک ماشک (تن در هکتار) Dry weight of vetch ($t.ha^{-1}$)	علوفه خشک جو (تن در هکتار) Dry weight of barley ($t.ha^{-1}$)	وزن خشک گلرنگ وحشی (گرم بر مترمربع) Dry weight of wild safflower ($g.m^{-2}$)
کشت خالص ماشک+شاهد بدون علف‌هرز Sole cropping of common vetch+control	2.996[a]	0[b]	0[g]
(جو 45%- ماشک 55%) +شاهد بدون علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch)+ control	2.797[c]	3.293[a]	0[g]
(جو 65%-ماشک 35%) +شاهد بدون علف‌هرز (65%Barley-35%common vetch)+ control	2.712[def]	3.13[a]	0[g]
(جو 55%-ماشک 45%) +شاهد بدون علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch)+ control	2.786[cd]	1.67[ab]	0[g]
(جو 35%-ماشک 65%) + شاهد بدون علف‌هرز (35% Barley-65% common vetch)+ control	2.814[c]	3.597[a]	0[g]
کشت خالص جو+شاهد بدون علف‌هرز Sole cropping of barley+control	0[g]	3.883[a]	0[g]
کشت خالص ماشک +10 بوته علف‌هرز Sole cropping of common vetch+10 weeds	2.909[b]	0[b]	5.423[b-g]
(جو 45%-ماشک 55%)+10 بوته علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch)+ weeds	2.797[c]	2.11[7ab]	3.467[d-g]
(جو 65%-ماشک 35%) +10 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch+10 weeds	2.701[f]	3.093[a]	4.433[c-g]
(جو 55%- ماشک 54%)+10 بوته علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch)+ 10 weeds	2.781[cde]	3[a]	3.633[d-g]
(جو 35%-ماشک 65%) + 10 بوته علف‌هرز (35% Barley-65% common vetch)+10 weeds	2.801[c]	1.64[ab]	2.893[efg]
کشت خالص جو+10 بوته علف‌هرز Sole cropping of barley+10 weeds	0[g]	3.6[a]	1.747[fg]

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means with the same letters for each column haven’t significant difference at 5% probability level according to Duncans’ test.

جدول 2 (ب)- مقایسه میانگین اثر متقابل کشت مخلوط و علف هرز گلرنگ وحشی در صفات مورد مطالعه

Table 2(B)- Mean comparisons interaction of intercropping and wild safflower in studied feature

تیمار Treatments	علوفه خشک ماشک (تن در هکتار) Dry weight of vetch ($t.ha^{-1}$)	علوفه خشک جو (تن در هکتار) Dry weight of barley ($t.ha^{-1}$)	وزن خشک گلرنگ وحشی (گرم بر مترمربع) Dry weight of wild safflower ($g.m^2$)
کشت خالص ماشک معمولی-15 بوته علف‌هرز Pure Cropping of common vetch-15 weeds	2.921^{b*}	0^{b}	12.02^{abc}
(جو 45%-ماشک معمولی 55%)+15 بوته علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch)+ 15 weeds	2.801^{c}	2.133^{ab}	7.22^{b-g}
(جو 65%-ماشک معمولی 35%)+15 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch)+ 15 weeds	2.701^{f}	2.947^{a}	$9.^{04b-f}$
(جو 55%-ماشک معمولی 45%)+15 بوته علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch)+ 15 weeds	2.778^{cde}	2.93^{a}	7.19^{b-g}
(جو 35%-ماشک معمولی 65%)+15 بوته علف‌هرز (35% Barley-65% common vetch)+15 weeds	2.802^{c}	1.603^{ab}	5.77^{b-g}
کشت خالص جو+15 بوته علف‌هرز Pure cropping of barley-15 weeds	0^{g}	3.403^{a}	3.467^{defg}
کشت خالص ماشک معمولی+20 بوته علف‌هرز Pure cropping of common vetch-20 weeds	2.95^{ab}	0^{b}	17.45^{a}
(جو 45%-ماشک معمولی 55%)+20 بوته علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch)+ 20 weeds	2.802^{c}	2.033^{ab}	10.91^{a-e}
(جو 65%-ماشک معمولی 35%)+20 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch)+ 20 weeds	2.706^{ef}	3.033^{a}	12.83^{ab}
(جو 55%-ماشک معمولی 45%)+20 بوته علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch)+ 20 weeds	2.774^{cdef}	2.83^{a}	11.12^{abcd}
(جو 35%-ماشک معمولی 65%)+20 بوته علف‌هرز (35% Barley-65% common vetch)+ 20 weeds	2.79^{c}	1.56^{ab}	8.593^{b-f}
کشت خالص جو+20 بوته علف‌هرز Pure cropping of barley-20 weeds	0^{g}	3.287^{a}	5.3^{b-g}

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means with the same letters for each column haven’t significant difference at 5% probability level according to Duncans’ test.

همچنین، موریس و گریتی (Morris & Garrity, 1993) LER را در شرایط وجود تنش‌های محیطی و غیرزیستی بیشتر از شرایط عادی دانستند. در این مطالعه نتیجه گرفته شد که کاهش سهم ماشک در سیستم مخلوط، علی‌رغم قدرت رقابتی این گیاه با علف‌های‌هرز منجر به کاهش LER این گیاه خواهد شد. بیشترین نسبت برابری زمین جزیی در ماشک معمولی، از مخلوط 45-55 درصد و 35-65 درصد با 10 بوته علف‌هرز برابر 0/96 و کمترین آن (0/9) در ترکیب 65- 35 درصد شاهد محاسبه گردید، بین این دو، 6/25 درصد اختلاف به دست آمد، همچنین بیشترین و کمترین نسبت برابری زمین جزیی جو، از نسبت‌های بذری 35-65 درصد-شاهد، 65-35-20 درصد و 55-45 درصد-شاهد به ترتیب معادل 0/92، 0/92 و 0/43 به دست آمد (جدول 4). بین کمترین و بیشترین PLER در جو، 53/2 درصد اختلاف به دست آمد که بسیار بیشتر از اختلاف PLER در ماشک بود، نسبت برابری زمین کل در تمام سطوح کشت مخلوط- علف‌هرز از یک بزرگ‌تر بود (LER›1)، اما، بیشترین (1/85) و کمترین (1/36) آن به ترتیب از تیمار 35-65 درصد-شاهد و 55-45 درصد-شاهد به دست آمد، البته LERT، به طور مثال، در ترکیب 65-35-20 درصد معادل 1/83 بود که با LERT 55-45-شاهد، دارای 1/08 درصد اختلاف بود، این اختلاف ناچیز بیانگر سودمندی کشت مخلوط در تمام اجزاء مورد آزمایش می‌باشد. با این وجود نقش تراکم و تداخل تیمارها را بر نسبت برابری زمین بی‌اثر دانستند (در تیمارهای شخم و کشت مخلوط) که با نتایج حاصل از آزمایش مذکور مطابقت ندارد (Hauggaard-Nielsen et al., 2001). احتمالاً علت عدم تشابه در نتایج، نوع تیمارها و شرایط موجود در مناطق مورد آزمایش می‌باشد. همچنین تسوبو و همکاران (Tsubo et al., 2004) کشت مخلوط ذرت-لوبیا را از نظر ارزیابی در

زمینه بهره‌برداری از منابع و عملکرد برتر از کشت خالص این گیاهان معرفی کردند (LER=1/1-1/5) که با آزمایش حاضر از نظر برتر بودن سیستم مخلوط نسبت به تک‌کشتی (جو-ماشک) مطابقت دارد.

جدول 3- میزان نسبت برابری زمین کل در تیمارهای مختلف کشت مخلوط تداخل با علف‌هرز گلرنگ وحشی

Table 3- Land equivalent ratio in different treatments of intercropping weed Interference with wild safflower

تیمار Treatments	نسبت برابری زمین جزئی ماشک معمولی Partial LER of common vetch	نسبت برابری زمین جزئی جو Partial LER of barley	نسبت برابری زمین کل Total LER
(جو 45%- ماشک معمولی 55%) +شاهد بدون علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch) +control	0.93	0.85	1.78
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+شاهد بدون علف‌هرز (65% Barley -35% common vetch) +control	0.9	0.8	1.7
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+شاهد بدون علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch) + Control	0.93	0.43	1.36
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+شاهد بدون علف‌هرز (35% Barley-65% common vetch) + Control	0.93	0.92	1.85
(جو 45% - ماشک معمولی 55%)+ 10 بوته علف‌هرز (45% Barley -55% common vetch) +10 weeds	0.96	0.58	1.54
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+ 10 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch) +10 weeds	0.93	0.85	1.78
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+ 10 بوته علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch) +10 weeds	0.95	0.83	1.78
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+10 بوته علف‌هرز (35% Barley -65% common vetch)+ 10 weeds	0.96	0.45	1.41
(جو 45% - ماشک معمولی 55 %)+ 15 بوته علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch)+ 15 weeds	0.95	0.62	1.57
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+ 15 بوته علف‌هرز (65% Barley -35% common vetch)+ 15 weeds	0.92	0.86	1.78
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+ 15 بوته علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch)+ 15 weeds	0.95	0.86	1.81
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+ 15 بوته علف‌هرز (35% Barley -65% common vetch)+ 15 weeds	0.95	0.47	1.42
(جو 45% - ماشک معمولی 55%)+ 20 بوته علف‌هرز (45% Barley -55% common vetch)+ 20 weeds	0.95	0.61	1.56
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+ 20 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch)+ 20 weeds	091	0.92	1.83
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+ 20 بوته علف‌هرز (55% Barley -45% common vetch)+ 20 weeds	0.94	0.86	1.8
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+20 بوته علف‌هرز (35% Barley -65% common vetch) +20 weeds	0.94	0.47	1.41

نسبت رقابت (CR)

نسبت رقابت که به طور ساده نسبت برابری زمین در اجزاء کشت مخلوط را نشان می‌دهد، همچنین ملاک بهتری در بیان توانایی رقابت گیاهان زراعی و سودمندی کشت مخلوط می‌باشد. اگر نسبت رقابت برای هر گونه کوچک‌تر از یک باشد سودمندی مثبت و معنی‌داری وجود داشته و اگر بزرگ‌تر از یک باشد سودمندی منفی ایجاد می‌شود و کشت مخلوط گونه‌ها امکان‌پذیر نیست. اگر برابر با یک باشد بیانگر برقراری تعادل در رقابت بین‌گونه است (Gaungwei et al., 2006). در این آزمایش، محاسبات صورت گرفته نشان داد که نسبت رقابت برای جزء مخلوط ماشک معمولی در مقایسه با جو در تمام تیمارها بزرگ‌تر از یک است (به جزء ترکیب‌های 45-55 و 35-65-شاهد)، بیشترین CR، برای ماشک از ترکیب مکمل مخلوط 55-45-شاهد (2/64) و برای جو از نسبت بذری 35-65-شاهد (1/83) به دست آمد (جدول 4). در این آزمایش

مشخص شد که تغییر در سهم بذر هر یک از دو گیاه مورد آزمایش منجر به ایجاد تغییر قابل توجه در توان رقابتی آن‌ها می‌گردد. به این صورت که، در ماشک معمولی با افزایش تراکم علف‌هرز از 10 به 15 و 20 بوته در مترمربع، نسبت رقابت کاهش اما در جو افزایش جزیی نشان داد، در کشت مخلوط ماشک-جو با علف‌هرز گلرنگ وحشی تغییر افزایشی در سهم بذر ماشک و جو باعث کاهش CR شده (Daraeimofrad et al., 2013)، نتایج مطالعاتی روی بررسی کشت مخلوط- علف‌هرز نشان داد که تغییر در تعداد و نوع علف‌هرز، بر تغییر نسبت رقابت مؤثر بوده، این نتایج حاکی از صحت نتایج آزمایش حاضر می‌باشند (Cardina et al., 1991).

جدول 4- نسبت رقابت کشت مخلوط (جو- ماشک معمولی) با علف‌هرز گلرنگ وحشی

Table 4- Competition relative (CR) of intercropping (common vetch-barley) with weed wild safflower

تیمار Treatments	نسبت رقابت ماشک معمولی CR of common vetch	نسبت رقابت جو CR of barley
(جو 45%- ماشک معمولی 55%) +شاهد بدون علف‌هرز (45% Barley-55% common vetch) +control	0.89	1.11
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+شاهد بدون علف‌هرز (65% Barley -35% common vetch) +control	0.47	2.08
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+شاهد بدون علف‌هرز (55% Barley-45% common vetch) + Control	2.64	0.37
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+شاهد بدون علف‌هرز (35% Barley-65% common vetch) + Control	0.54	1.83
(جو 45% - ماشک معمولی 55%)+ 10 بوته علف‌هرز (45% Barley -55% common vetch) +10 weeds	1.35	0.73
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+ 10 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch) +10 weeds	2.03	0.49
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+ 10 بوته علف‌هرز (55%Barley-45% common vetch) +10 weeds	1.39	0.71
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+10 بوته علف‌هرز (35% Barley -65% common vetch)+10 weeds	1.14	0.87
(جو 45% - ماشک معمولی 55 %)+ 15 بوته علف‌هرز (45%Barley-55% common vetch)+15 weeds	1.25	0.79
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+ 15 بوته علف‌هرز (65% Barley -35% common vetch)+15 weeds	1.98	0.5
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+ 15 بوته علف‌هرز (55%Barley-45% common vetch)+15 weeds	1.35	0.74
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+ 15 بوته علف‌هرز (35% Barley -65% common vetch)+15 weeds	1.08	0.91
(جو 45% - ماشک معمولی 55%)+ 20 بوته علف‌هرز (45% Barley -55% common vetch)+20 weeds	1.27	0.78
(جو 65% - ماشک معمولی 35%)+ 20 بوته علف‌هرز (65% Barley-35% common vetch)+20 weeds	1.83	0.54
(جو 55% - ماشک معمولی 45%)+ 20 بوته علف‌هرز (55% Barley -45% common vetch)+20 weeds	1.33	0.74
(جو 35% - ماشک معمولی 65%)+20 بوته علف‌هرز (35% Barley -65% common vetch) +20 weeds	1.07	0.92

عملکرد علوفه خشک

برهمکنش اجزاء مخلوط و گلرنگ وحشی بر عملکرد علوفه خشک جو و ماشک معمولی معنی‌دار بود (p≤0/01) (جدول 1). به تناسب تغییر در وزن خشک برگ و ساقه دو گیاه مورد آزمایش، عملکرد علوفه نیز تغییر یافت، اما در جو، بین تیمارهای مختلف، از نظر آماری تفاوت قابل ملاحظه‌ای وجود نداشت، بلکه اختلاف بین آن‌ها عددی بود (جدول 2). در ماشک معمولی و جو بیشترین علوفه خشک به کشت خالص-شاهد (2/996 و 3/883 تن در هکتار) با 22/84 درصد اختلاف تعلق داشت، از طرفی ماشک معمولی در جزء مخلوط 35-65 در بین سایر اجزاء مخلوط بیشترین عملکرد را دارا بود

به این صورت که ترکیب 35-65-10 (جو-ماشک معمولی- بوته گلرنگ وحشی) با، 35-65-15 و 35-65-20 به ترتیب دارای 2/801، 2/802 و 2/79 تن در هکتار، بود.

کمترین علوفه خشک به دست آمده از ماشک معمولی به ترکیب 35-65 در تمام سطوح علف‌هرز (شاهد، 10، 15 و 20 بوته) معادل 2/712 و 2/7 تن در هکتار تعلق داشت (جدول 2). اما، در جزء مخلوط جو، کمترین علوفه به تیمار 35-65-20 تعلق داشت (1/56 تن در هکتار)، از طرفی تیمار 65-35-10، 65-35-15 و 65-35-20 دارای بیشترین عملکرد بودند (به ترتیب 3/093، 2/947 و 3/033 تن در هکتار)، نکته قابل توجه در این آزمایش، تغییر بسیار اندک عملکرد در بین سایر تیمارهای مورد آزمایش بود، بین حداکثر تولید ماشک معمولی و جو، 22/84 درصد اختلاف محاسبه شد، همچنین برآورد اختلاف بین بیشترین تولید ماشک، 0/42 درصد و در جو 4/72 درصد بود، این اختلاف نشان می‌دهد که علی‌رغم نقش بیشتر جو در سهم از تولید علوفه، جزء مخلوط ماشک، به میزان زیاد تحت تأثیر رقابت با جو و گلرنگ وحشی قرار نگرفته که این امر را احتمالاً می‌توان به ساختار رویشی ماشک معمولی و استفاده از جو به عنوان قیم، رشد در کف کانوپی و استفاده بیشتر از رطوبت نسبت داد.

بر این اساس، کار و همکاران (Carr et al., 2004) بیان داشتند که تفاوت در تولید اجزاء مکمل مخلوط ممکن است به علت شرایط اکولوژیکی مانند بارندگی و درجه حرارت ثبت شده در طی دوره رشد رویشی، ارقام استفاده شده در کشت مخلوط، رقابت بین اجزاء مخلوط، وجود یا عدم وجود علف‌هرز و نوع سیستم مخلوط به کار گرفته شده در آزمایش باشد که این یافته می‌تواند دلیلی بر تأیید نتایج حاصل از آزمایش انجام شده باشد. در ارتباط با سیستم مخلوط لگوم-غله-علف‌هرز بیان داشتند که به منظور حصول عملکرد مناسب باید سهم جزء مخلوط لگوم را بیش از غله در نظر گرفت، و این امر را مربوط به رشد سریع‌تر و پنجه‌دهی بیشتر غله در حضور نسبت مناسب بذر لگوم دانستند (Daraeimofrad et al., 2013).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که نسبت‌های بذری مختلف، اثر قابل توجهی بر عملکرد علوفه، شاخص‌های سودمندی و کنترل علف‌های هرز دارند. در این آزمایش مشخص شد که تغییر در سهم بذر هر یک از دو گیاه مورد آزمایش (جو- ماشک معمولی) منجر به تغییر در تعداد و گونه علف‌هرز شده، در نتیجه تغییر قابل توجهی در توان رقابتی آن‌ها ایجاد می‌گردد. نتایج آزمایش بیانگر برتر بودن نسبت بذری (جو 35 درصد- ماشک معمولی 65 درصد) نسبت به سایر تیمارها (نسبت بذری) بود، زیرا علاوه بر راندمان استفاده از محیط، از مجموع عملکرد علوفه خشک بیشتری نیز برخوردار بود. همچنین نسبت بذری (جو 35 درصد- ماشک معمولی 65 درصد) نقش مؤثری در کاهش بیوماس علف هرز داشت که این مهم را می‌توان مربوط به کاهش نفوذ نور به زیر تاج‌پوشش و احتمالاً عدم رقابت اجزاء مخلوط در کسب منابع محیطی دانست. بنابراین جهت برخورداری از بهترین کمیت و کیفیت علوفه خشک و کاهش رقابت علف‌های هرز، استفاده از این تراکم بذری برای منطقه مذکور توصیه می‌گردد.

منابع

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

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

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

Baumann, D.T., Bastiaans, L., and Kropff, M.J. 2002. Effect of intercropping and reproductive capacity of late-emerging *Cenecio vulgaris* L., with special refrence to competition for light. Annal of Botany 87: 209-217.

Blackshaw, R.E., and Harker, K.N. 1998. *Erodium cicutarium* density and duration of interference effects on yield of wheat. Weed Research 38: 55-62.

Cardina, J., Regnier, E., and Harrison, K. 1991. Long-term tillage effects on seedbank in three ohisoils. Weed Science 39: 186-194.

Carr, P.M., Horsley, R.D., and Poland, W.W. 2004. Barley, oat and cereal-pea mixtures as dryland in the northern

great plains. Agronomy 96: 677-684.

Daraeimofrad, A.R., Ahmadifard, M., and Azizi, K. 2013. Intercropping and biological control of weeds (Book). Lap Lambert Academic Publishing. Germany 63 pp.

Dhima, K.V., Lithorgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2006. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Elsevier Science. Field Crop Research 100: 249-256.

Gaungwei, D., Xiaobing, L., Stephan, H., Jeffrey, N., Dual, A., and Baoshan, X. 2006. The effect of cover crop management on soil organic matter. Available online at www.sciencedirect.com 130: 229-239.

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. Biotechnology 22: 4100-4104.

Gomez, P., and Gurevitch, J. 2005. Weed community responses in a corn-soybean intercrop. Opulus Press 1: 281-288.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2013. Effect of intercropped barley on weed suppression in chickpea-barley intercropping systems. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(5): 884-891.

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

Hauggaard-Nielsen, H., Andferson, M.K., Jqrnsgaard, B., and Jensen, E.S. 2005. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. Field Crop Research 95: 256-267.

Jeyabal, A., and Kuppuswamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and its response in rice–legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy 15: 153-170.

Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S., and Jafari, L. 2014. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. Journal of Aroecology 6(1): 11-20. (In Persian with English Summary)

Mazaheri, D., Bankesaz, A., Movahedi, D., and Hoseinzadeh, A. 2001. Effect of intercropping maize and bean on weeed control. Pajusazan Journal 13: 47-51.

Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose, S.S., and Banik, P. 2005. Deferred seeding of blackgram (*Phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield advantages and smothering of weeds. Journal Agronomy Crop Science 191: 195-201.

Morris, R.A., and Garrity, D.P. 1993. Resource capture and utilization in intercropping: water. Field Crops Research 34: 303-317.

Reijntjes, C., and Haverkortand, W.B. 1992. Farming for the future, an introduction to low-external-input and sustainable agriculture. Macmillan Education Ltd.

Sadrabadi-Haghighi, R. 1998. Evaluation of supplemental irrigation and intercropping of wheat with hairy vetch (*Vicia villosa*) in low input dry land system. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Iran. (In Persian with English Summary)

Silva, P.S.L., Oliveira, O.F., Silva, P.I.B., Silva, K.M.B., and Braga, J.D. 2009. Effect of cowpea intercropping on weed control and corn yield. Planta Daninha 27: 491-497.

Tsubo, M., Walker, S., and Ogindo, H.O. 2004. Asimulation model of cereal-legum intercropping systems for semi-arid regions. II. Model application. Field Crops Research 93: 23-33.

Zarea, M.J., Ghalavand, A., Mohamadi Goltapeh, E., and Rejali, F. 2010. Effect of clovers intercropping and earthworm activity on weed growth. Journal of Plant Protection Research 50(4): 463-469.

Zaviehmavadat, L., Mazaheri, D., Majnon Hoseinii, N., and Rezaei, M. 2013. The effect of maize and cowpea intercropping on weed control condition. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(11): 2885-2889.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 385-396

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 396-385

Weed Control Efficiency of wild Safflower (*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) in Replacement Series Technique of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Common Vetch (*Vicia sativa* L.)

A.R. Ahmadi[1*] and A.R. Daraeimofrad[2]
Submitted: 31-08-2014
Accepted: 08-03-2015

Ahmadi, A.R., Daraeimofrad, A.R. 2016. Weed control efficiency of wild safflower (*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) in replacement series technique of barley (*Hordeum Vulgare* L.) and common vetch (*Vicia sativa* L.). Journal of Agroecology 8(3):385-396.

Introduction

In agronomy, natural outlook has been expressed in different forms which stable agriculture is an example. Stable agriculture is ascribed to the authentic management of agricultural resources, which in addition to fulfilling the ever-changing needs of humans, maintains the health of environment and capacity of water and soil resources. Application of herbicides, besides being costly, resulted in the selection of herbicide resistant weed species and has become an environmental contamination factor. However, reduction of herbicide consumption is one of the goals of modern agriculture, with several methods being suggested, including intercropping. In natural conditions of production, environment conservation of weed existence requires cost. One of the important preparations in weed control from the perspective of sustainable agriculture, is using intercropping system. The aim of this study was to determine the role of crop diversity on weed and crop production based on the beneficial effects of intercropping system than pure.

Materials and methods

In order to study effects of mixed and sole cropping of barley with common vetch on their biologic yield and utilization indices, an experiment was conducted in Agricultural college of the University of Lorestan, during the growing season of 2013-2014 with 24 treatments using the method of rows replacement series technique by the randomized complete block design in a factorial arrangement with three replications. First factor included 6 levels of intercropping: sole cropping of common vetch (100%), 55-45 (Common vetch-barley), 35-65, 45-55, 65-35 and sole cropping of barley and second factor included 4 levels of weed wild safflower, control, 10, 15 and 20 plants per m^2. In this experiment WCE, LER and CR were measured. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) using Mstat-C computer software. Mean comparisons were performed using Duncan's multiple range test at two levels of significant 1% and 5%.

Results and discussion

There was significant difference between minimum and maximum dry weight of weeds, the results showed that barley have important role in weed control wild safflower. Therefore, weed control efficiency in 15 plant in m^2 was higher than two 10 and 20 plant in m^2. The lowest WCE (161.27%) was found at 15-35-65 treatment, but, the highest WCE (51.99) was obtained from 15-65-35 (Wild safflower-common vetch-barley) treatment. Computes showed that WCE, in 15 plants of wild safflower/m^2, was more than 10 and 20 p/m^2. The reduction in weed population and biomass in intercropping systems with barley may be attributed to shading effect and competition stress created by the canopy.

Thus, result showed that reduction rate of common vetch in intercropping, with bearing compatibility power to weeds reduced LER. CR for common vetch intercropping component in comparison with barley in total treatments was>1. The highest CR, for vetch obtained from treatment 45-55-control (2.64) and for barley from seed ratio 65-35-control (1.83).

Conclusion

The results in this study showed various seed rate had noticeable effect on forage yield, LER and weed

1 and 2- Assistant Professor of Weeds Science and PhD Student in Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Lorestan University of Khorramabad, Iran, respectivey.
(*- Corresponding author Email: Ahmadi.a@lu.ac.ir)

control. In this experiment changing seed rate in two tested plants (barly- commen vetch) changed the number and weed species, as a result noticeable changing was created in their competitive power. Result showed that seed rate (35% barley-65% common vetch) was better than other treatment, not only in use efficiency of environment, but also it had more dry forage yield. Also, former seed rate had effective role in decreasing the weed biomass. This important result was related to reduced light penetrate at the bottom of cover crop and probably lack of competition in access to environmental resources was also affected. So using this seed density for mentioned area is recommended for reducing weed competition and improving the quality and quantity of dry forage.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the teachers of College of Agriculture of Lorestan University, for their critical review of the manuscript.

Keywords: Competition relative, Control efficiency, Forage yield, Land equivalent ratio

References

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2013. Effect of intercropped barley on weed suppression in chickpea-barley intercropping systems. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(5): 884-891.

Reijntjes, C., and Haverkortand, W.B. 1992. Farming for the future, an introduction to low-external-input and sustainable agriculture. Macmillan Education Ltd.

Silva, P.S.L., Oliveira, O.F., Silva, P.I.B., Silva, K.M.B., and Braga, J.D. 2009. Effect of cowpea intercropping on weed control and corn yield. Planta Daninha 27: 491-497.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 397-416

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 416-397

اثر غلظت نیتروژن بقایا و گذشت زمان بر دینامیک بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) در مناطق با شرایط آب و هوایی مختلف

سعید شفیعی[1*]، احمد گلچین[2] و محمدامیر دلاور[3]

تاریخ دریافت: 1393/07/17
تاریخ پذیرش: 1393/11/19

شفیعی، س.، گلچین، ا.، و دلاور، م.ا. 1395. اثر غلظت نیتروژن بقایا و گذشت زمان بر دینامیک بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) در مناطق با شرایط آب و هوایی مختلف. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3):416-397.

چکیده

توازن کربن در بوم‌نظام‌های زمینی از اختلاف بین کربن ورودی از طریق بقایای گیاهی و برگشت کربن به اتمسفر از طریق تجزیه مواد آلی تعیین می‌گردد و تجزیه مواد آلی خود توسط عوامل زنده و غیرزنده مانند کیفیت بقایا و شرایط اقلیمی کنترل می‌شود. بر این اساس هدف این پژوهش بررسی معدنی شدن کربن بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) در شرایط آب و هوایی مختلف می‌باشد. برای این منظور آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه شرایط آب و هوایی اجرا گردید و اثر شرایط آب و هوایی از طریق تجزیه مرکب آنالیز شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل منطقه در سه سطح (جیرفت، نراب و ساردوئیه)، غلظت نیتروژن بقایا در سه سطح (کم، متوسط و زیاد) و زمان نمونه‌برداری در چهار سطح (دو، چهار، شش و هشت ماه پس از شروع آزمایش) بود. تعیین اقلیم به روش تحلیل خوشه‌ای و آزمایش به روش کیسه لاشبرگ انجام گردید و کیف‌های کلش در سطح خاک قرار داده شدند. نتایج نشان داد که منطقه، غلظت نیتروژن بقایا و زمان نمونه‌برداری تأثیر معنی‌داری بر مقدار کربن باقیمانده، هدررفت و ثابت سرعت تجزیه کربن داشت. اثرات متقابل مناطق و گذشت زمان تأثیر معنی‌داری بر کربن باقیمانده و ثابت سرعت تجزیه کربن داشت. به طوری‌که بیشترین کربن باقیمانده در منطقه جیرفت و بیشترین ثابت سرعت تجزیه کربن در منطقه ساردوئیه اندازه‌گیری شد. در منطقه جیرفت علی‌رغم بالاتر بودن دما هدررفت و ثابت سرعت تجزیه کربن کمتر از منطقه ساردوئیه بود، به دلیل مناسب بودن دما در ماه‌های فروردین تا آبان ماه در مناطق مورد مطالعه به نظر می‌رسد رطوبت در طی این ماه‌ها فاکتور مهمی برای تجزیه بقایای گیاهی است و در منطقه ساردوئیه در طی هشت ماه 30/6 درصد هدررفت کربن وجود داشت. در هر سه منطقه بیشترین ثابت سرعت تجزیه کربن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت مشاهده شد. افزون بر این، با افزایش غلظت نیتروژن بقایا، کربن باقیمانده کاهش و هدررفت و ثابت سرعت تجزیه کربن افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: سرعت تجزیه بقایا، شرایط آب و هوایی، هدررفت کربن

مقدمه

مدیریت بقایای گیاهی نه فقط از جنبه چرخه عناصر غذایی بلکه از جنبه چرخه کربن در بوم‌نظام و افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در اتمسفر نیز مهم می‌باشد (Aerts, 1997). تجزیه بقایای گیاهی یکی از فرایندهای اساسی بازگشت مواد آلی و چرخه عناصر در اغلب بوم‌نظام‌ها است (Swift et al., 1979; Berg & McClaugherty, 2008). اهمیت خاک در چرخه جهانی کربن و نقش کربن آلی خاک در گرم شدن کره زمین مورد توجه بسیاری از خاکشناسان و اکولوژیست‌ها در سرتاسر جهان قرار گرفته است. فعالیت‌های انسان برای تولید غذا و انرژی و از بین بردن جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی سبب افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن در هوا به عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای و در نتیجه بر هم خوردن چرخه کربن

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری علوم خاک، استاد و استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(*- نویسنده مسئول: Email: saeid55@gmail.com)

شده است (Lal, 2007). به همین دلیل دانشمندان و برنامه‌ریزان محیط زیست علاقمند به دانستن پتانسیل خاک‌های دنیا به عنوان مخزنی برای کربن اتمسفری هستند (Lal et al., 1999). خاک به عنوان منبع یا مخزنی برای کربن اتمسفری می‌تواند با مهار تولید دی‌اکسیدکربن از پدیده گلخانه‌ای شدن کره زمین جلوگیری کند (Lal et al., 1998). مدیریت خاک و به ویژه مدیریت بقایای گیاهی بر تغییر کمی و کیفی ماده آلی در خاک نقش به سزایی داشته و به طور کلی فرآیند تنفس و هدررفت کربن خاک تحت تأثیر عواملی از قبیل: سطح آب زیرزمینی (Sanchez et al., 2003)، درجه حرارت خاک (Von Arnold et al., 2005)، رطوبت خاک، میزان کربن آلی محلول، زیست‌توده میکروبی (Rochette et al., 2000)، خصوصیات فیزیکی خاک (Lal, 2004)، تابش خورشید، بارندگی (Mielnick et al., 2000)، درجه حرارت هوا (Frank et al., 2002)، نوع گیاهان در حال رشد و میزان بقایای گیاهی وارد شده به خاک (Maljanen et al., 2004)، تنفس ریشه و ترشحات ریشه (Binkley et al., 2004) قرار می‌گیرد. سرعت تجزیه بقایای گیاهی و معدنی‌شدن عناصر عمدتاً از سه عامل 1- اقلیم در مقیاس منطقه‌ای وسیع، به گونه‌ای که آب و هوای گرم‌تر و مرطوب‌تر معمولاً منجر به افزایش سرعت تجزیه می‌شود، 2- نوع و فراوانی موجودات تجزیه‌کننده (Couteaux et al., 1995; Jonsson & Wardle, 2008) و 3- کیفیت بقایا (غلظت نیتروژن، سلولز، همی‌سلولز، لیگنین، پلی‌فنل و...) تأثیر می‌پذیرد یکی از فاکتورهای کیفیت بقایا غلظت نیتروژن می‌باشد. نتایج مطالعه اگل و همکاران (Ogle et al., 2005) نشان داد در شرایط آب و هوایی خشک و مرطوب، فاکتورهای آب و هوایی از جمله دما و رطوبت با تأثیرگذاری بر فعالیت‌های گیاه و موجودات خاکزی، پویایی ماده‌ی آلی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهند. همچنین گزارش شده است در مناطقی با شرایط آب و هوایی مختلف، سرعت تجزیه‌ی مواد آلی در مناطقی با دما و رطوبت بالا نسبت به مناطق سرد و خشک بیشتر بود زیرا در این شرایط میزان فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک افزایش می‌یابد (Moorhead et al., 1999). سنتیک تجزیه بقایای گیاهی در خاک و معدنی شدن کربن و نیتروژن آن‌ها تا حد زیادی به ترکیب شیمیایی بقایا بستگی دارد (Heal et al., 1997; Eiland et al., 2001). مطالعات متعدد نشان داده‌اند که نسبت کربن به نیتروژن یا مقدار نیتروژن بقایای گیاهی اثر شدیدی بر معدنی شدن نیتروژن بقایا دارد (Constantinides & Fownes, 1994; Soon & Arshad, 2002).

اگر چه تحقیقاتی در مورد تجزیه بقایای گیاهی در بوم نظام‌ها انجام شده است (Nassiri Mahallati et al., 2105)، به هر حال در بوم‌نظام‌های کشاورزی و طبیعی، بقایای گیاهی ممکن است غلظت-های متفاوتی از نیتروژن داشته باشند و در شرایط آب و هوایی مختلف به خاک افزوده شوند و لذا از سرعت و روند متفاوتی نیز برخوردار می‌باشند. تاکنون اطلاعاتی در این زمینه و مخصوصاً برای مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران وجود ندارد. این تحقیق به منظور بررسی نقش غلظت‌های مختلف نیتروژن بقایای گیاهی بر میزان و سرعت تجزیه بقایای گیاهی در شرایط آب و هوایی متفاوت صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال 1391 در استان کرمان به اجرا درآمد. سه منطقه در شهرستان جیرفت، با شرایط آب هوایی متفاوت و حداقل فاصله مکانی از یکدیگر (جیرفت، نراب و ساردوئیه) انتخاب گردید. مختصات جغرافیایی و اطلاعات هواشناسی مناطق مورد مطالعه در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- مختصات جغرافیایی و اطلاعات اقلیمی مناطق مورد مطالعه

Table 1- Geographical coordinates and climatic data of the regions under study

منطقه Region	ارتفاع از سطح دریا (متر) Height above sea level (m)	عرض جغرافیایی Latitude	طول جغرافیایی Longitude	متوسط بارندگی سالیانه (میلی‌متر) Mean annual precipitation (mm)	میانگین دمای سالیانه (درجه سانتی‌گراد) Mean annual temperature (°C)
جیرفت Jiroft	660	28° 42’	57° 37’	110.9	26.69
نراب Narab	1833	28° 55’	57° 25’	212.15	17.43
ساردوئیه Sardouiyeh	2681	32° 26’	55° 44’	267.24	13.89

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید و آنالیز به صورت تجزیه مرکب اسپلیت پلات در زمان انجام گرفت غلظت نیتروژن بقایای گیاه یونجه (*Medicago sativa* L.) به عنوان کرت اصلی، گذشت زمان به عنوان کرت فرعی در نظر گرفته شد و اثر شرایط آب و هوایی از طریق تجزیه مرکب به دست آمد. فاکتورهای مورد بررسی شامل سه نوع شرایط آب و هوایی {(گرم و خشک= جیرفت)؛ (معتدل خشک= نراب) و (سرد نیمه‌خشک= ساردوئیه)}، غلظت نیتروژن بقایا در سه سطح {(کم=N_1)، (متوسط=N_2) و (زیاد=N_3)} و زمان در چهار سطح (دو، چهار، شش و هشت ماه) بودند.

جهت تهیه بقایای گیاهی با غلظت‌های مختلف نیتروژن پس از آنالیز خاک مناطق مختلف شهرستان جیرفت، یک خاک با مواد آلی و نیتروژن قابل جذب کم انتخاب گردید تا با مصرف مقادیر مختلف نیتروژن از منبع اوره بتوان سه غلظت نیتروژن در بافت‌های گیاه یونجه ایجاد کرد. پس از انتخاب خاک مناسب سه کرت به مساحت 40 مترمربع ایجاد و از خاک کرت‌ها نمونه‌برداری به عمل آمد. سپس بر مبنای نتایج آنالیز خاک، غلظت عناصر غذایی به جزء عنصر مورد مطالعه (نیتروژن) در تمام کرت‌ها را به حد بهینه رسانده شد. نتایج تجزیه خاک در جدول 2 آورده شده است (Carter & Gregorich, 2008). در داخل کرت آماده شده گیاه یونجه کشت گردید، سپس با مصرف سه مقدار متفاوت نیتروژن به میزان 25، 50 و 75 میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (به ترتیب معادل 75، 150 و 225 کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بقایای یونجه با غلظت‌های متفاوت ایجاد گردید. برداشت گیاه (کل اندام هوایی) قبل از گل‌دهی صورت گرفت. بقایای یونجه در آون با دمای 60-55 درجه سانتی‌گراد خشک و به قطعات ریزی به طول 10-2 میلی‌متر خرد شد. سپس از بقایای گیاهی یک نمونه همگن تهیه و برای مراحل بعدی آزمایش مورد استفاده قرار گرفت.

برای تهیه کیسه لاشبرگ از توری پلاستیکی با قطر منافذ 0/5 میلی‌متر استفاده و کیسه‌هایی به ابعاد 10×20 سانتی‌متر از آن تهیه گردید (Austin & Vivanco, 2006). در هر کیسه لاشبرگ 20 گرم بقایای یونجه ریخته و درب آن‌ها دوخته شد. سپس کیسه‌ها در مناطق مورد نظر در کرت‌هایی که پیش از آن تحت کشت قرار نگرفته بودند، در سطح خاک جایگذاری شدند. نتایج تجزیه خاک در جدول 2 و نتایج تجزیه بقایای گیاهی داخل کیسه لاشبرگ در جدول 3 گزارش شده است.

نمونه‌ها در تاریخ اول فروردین سال 1391 در سطح خاک مناطق مورد مطالعه قرار داده شدند. سپس در فاصله زمانی 60 روز (دو ماه) به صورت تصادفی و در چهار زمان (نمونه‌برداری اول30 اردیبهشت، نمونه‌برداری دوم 30 تیرماه، نمونه‌برداری سوم 30 شهریور ماه و نمونه‌برداری چهارم 30 آبان ماه) از کرت‌ها خارج و جهت انجام آنالیزهای شمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. در نمونه‌های برداشت شده در هر زمان، ابتدا خاک روی کیف‌ها تمیز و سپس نمونه‌ها در داخل دستگاه آون در دمای 60-55 درجه سانتی‌گراد خشک و توزین شدند. سپس بقایای گیاهی داخل هر کیسه جهت مطالعات بعدی آسیاب شدند (Austin & Vivanco, 2006).

جدول 2- خصوصیات خاک مناطق مورد مطالعه

Table 2- Soil characteristics of the areas studied

واکنش خاک pH	هدایت الکتریکی Electrical conductivity	آهک Lime	کربن آلی Organic carbon	نیتروژن کل Total nitrogen	بافت Texture	رس Clay	سیلت Silt	شن Sand	مناطق Regions
	میکروزیمنس بر سانتی‌متر ($\mu S.cm^{-1}$)	درصد (%)				درصد (%)			
7.3	1107.17	5.74	0.18	0.06	شنی Sand	5.7	5.5	88.7	جیرفت Jiroft
7.75	862.69	15.25	0.76	0.05	لومی Loam	14.4	42.5	43.0	نراب Narab
7.70	416.98	13.38	0.23	0.04	لوم- رسی Clay-Loam	21.9	21.8	56.2	ساردوئیه Sardouiyeh

جدول 3- خصوصیات شیمیایی بقایای گیاه یونجه

Table 3- Chemical properties of alfalfa residues

غلظت نیتروژن Nitrogen concentration			کربن Carbon	
کم (N_1) Low nitrogen (N_1)	متوسط (N_2) Medium nitrogen (N_2)	زیاد (N_3) High nitrogen (N_3)	درصد Percentage	وزن* Weight
	(درصد) (%)		(درصد) (%)	(گرم) (g)
2.78	3.55	4.46	38.16	7.63

* مقدار کربن از حاصلضرب درصد کربن در 20 (وزن بقایای درون کیسه لاشبرگ) محاسبه گردید.

* To calculate the amount of organic carbon, concentration of organic carbon multiplied by the amount of plant residue placed in a litter bag.

خاک مکان قرار دادن نمونه قبل از قرار دادن نمونه‌ها تجزیه گردید و در آن بافت خاک به روش هیدرومتر (Gee & Bauder, 1986)، هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع به کمک دستگاه EC متر (Carter & Gregorich, 2008)، کربنات‌کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی (Goh et al., 1993)، واکنش خاک در گل اشباع و به کمک دستگاه pH متر (Carter & Gregorich, 2008)، نیتروژن کل خاک پس از هضم با سولفات‌پتاسیم، پودر سلنیوم، اسیدسولفوریک و آب اکسیژنه به روش کجلدال (AOAC, method 978.04)، کربن آلی خاک به روش واکلی و بلک (Walkley & Black, 1934) و فسفر قابل جذب به روش اولسن (Kovar & Pierzynski, 2009) اندازه‌گیری شد در هر بار نمونه‌گیری پارامترهای زیر در بقایای گیاهی اندازه‌گیری گردید.

نیتروژن کل بقایای گیاه یونجه پس از هضم با اسیدسولفوریک، اسیدسالیسیلیک و آب اکسیژنه به روش کجلدال اندازه‌گیری شد (AOAC, method 978.04). کربن آلی به روش واکلی و بلاک با استفاده از بیکرومات‌پتاسیم در مجاورت اسیدسولفوریک غلیظ اندازه‌گیری شد (Walkley & Black, 1934). هدررفت کربن[1] از کسر کربن باقیمانده در بقایا در هر نمونه‌گیری از کربن باقیمانده در نمونه‌گیری قبل محاسبه گردید (Song et al., 2011). ثابت سرعت تجزیه کربن با استفاده از معادله (1) محاسبه گردید که در این معادله، t: زمان، K: ثابت سرعت تجزیه، M_0: مقدار کربن بقایای گیاهی در زمان صفر و M_t: مقدار کربن بقایای گیاهی در سیکل‌های زمانی می‌باشد (Song et al., 2011; Olson, 1963).

معادله (1) $$M_t = M_0 e^{-kt}$$

داده‌های جمع‌آوری شده در طی مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی با نرم‌افزار SAS 1/9 آنالیز، برای مقایسات میانگین از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر شرایط آب و هوایی بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقدار کربن باقیمانده در بین مناطق مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشت ($p\leq0/01$) (جدول 4). بیشترین مقدار کربن باقیمانده مربوط به منطقه جیرفت و کمترین آن مربوط به منطقه ساردوئیه بود. مقدار کربن باقیمانده در منطقه نراب متوسطی از منطقه جیرفت و ساردوئیه بود (شکل 1). نتایج نشان داد که مقدار کربن باقیمانده نسبت به کربن اولیه در منطقه جیرفت، نراب و ساردوئیه به ترتیب 88/1، 79/7 و 68/9 درصد بود (شکل 2). بیشتر بودن کربن باقیمانده در منطقه جیرفت نسبت به دو منطقه دیگر نشان می‌دهد که در این منطقه سرعت تجزیه بقایا کمتر بوده و مقدار بیشتری از آن در کیسه‌های لاشبرگ باقی مانده است. با توجه به یکسان بودن کیفیت بقایا گیاهی در هر سه منطقه به نظر می‌رسد که پارامترهای آب و هوایی مانند دما و رطوبت از مهمترین عوامل عمده تأثیرگذار بر فعالیت موجودات خاکزی و در نتیجه سرعت تجزیه بقایا و مقدار کربن باقیمانده در خاک باشد. متوسط دمای ثبت شده برای فروردین و ماه‌های بعد از آن در هر سه منطقه (شکل 3) حاکی از آن است که دما عامل محدودکننده فعالیت موجودات خاکزی برای تجزیه بقایا گیاهی نبوده و سرعت و میزان تجزیه عمدتاً تحت تأثیر رطوبت یا میزان بارندگی قرار گرفته است. به علت پایین بودن میزان بارندگی در منطقه جیرفت (شکل 4) میزان تجزیه بقایای گیاهی در این منطقه کمتر از منطقه نراب و ساردوئیه

1- Carbon loss

بود (شکل 1).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که مقدار هدررفت کربن در بین مناطق مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشت (p≤0/01) (جدول 4). بیشترین مقدار هدررفت کربن از منطقه ساردوئیه و کمترین مقدار هدررفت کربن از منطقه جیرفت به دست آمد. منطقه نراب و جیرفت در یک گروه آماری قرار داشتند (شکل 5). مقدار هدررفت کربن نسبت به کربن اولیه در منطقه ساردوئیه، نراب و جیرفت به ترتیب 13/4، 6/5 و 4/5 درصد بود.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که ثابت سرعت تجزیه کربن در بین مناطق مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری داشت (p≤0/01) (جدول 4). بیشترین ثابت سرعت تجزیه کربن از منطقه ساردوئیه و کمترین ثابت سرعت تجزیه از منطقه جیرفت به دست آمد (شکل 6). نتایج نشان داد ثابت سرعت تجزیه در منطقه ساردوئیه 66/47 درصد بیشتر از منطقه جیرفت بود. علت بالاتر بودن ثابت سرعت تجزیه در منطقه ساردوئیه نسبت به دو منطقه دیگر احتمالاً وجود بارندگی بیشتر و فراهم شرایط لازم برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها و تجزیه بقایای گیاهی می‌باشد علی‌رغم بالا بودن دما در منطقه جیرفت اما به دلیل فقدان رطوبت کافی ثابت سرعت تجزیه در این منطقه کمتر می‌باشد.

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر شرایط آب و هوایی، غلظت نیتروژن بقایا و زمان بر پویایی کربن بقایای گیاه یونجه

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) climatic conditions, residue nitrogen concentration and time duration on carbon dynamics residue alfalfa

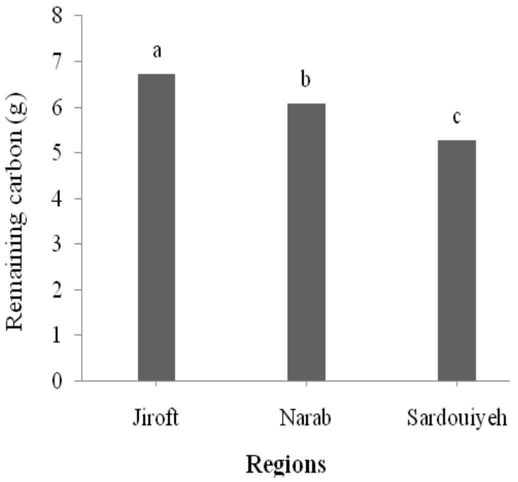
کربن باقیمانده Remaining carbon	هدررفت کربن Carbon loss	ثابت سرعت تجزیه کربن Carbon decomposition rate constant	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V
19.31**	4.42**	$4.72 \times 10^{-5**}$	2	منطقه Region
0.10	0.03	4.80×10^{-7}	6	خطای اصلی Error
2.37**	0.57**	$0.84 \times 10^{-6**}$	2	غلظت نیتروژن بقایا Residue nitrogen concentration
0.19ns	0.15ns	9.20×10^{-7ns}	4	منطقه × غلظت نیتروژن بقایا R×RNC
0.15	0.05	5.30×10^{-7}	12	خطای فرعی Sub error
7.77**	3.06**	$2.03 \times 10^{-5**}$	3	زمان Time
3.07**	0.82ns	$11.45 \times 10^{-7*}$	6	شرایط آب و هوایی × زمان R×T
0.13ns	0.09ns	$1.60 \times 10^{-6**}$	6	غلظت نیتروژن بقایا × زمان RNC×T
0.05ns	0.05ns	0.79×10^{-6ns}	12	منطقه × غلظت نیتروژن بقایا × زمان R×RNC×T
0.08	3.66	0.60×10^{-6}	54	خطای فرعی فرعی Sub sub error
5.10	41.79	43.03	-	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)

{(R: منطقه) (RNC: غلظت نیتروین بقایا) (T: زمان)}

{(R=Region) (RNC=Residue nitrogen concentration) (T=Time)}

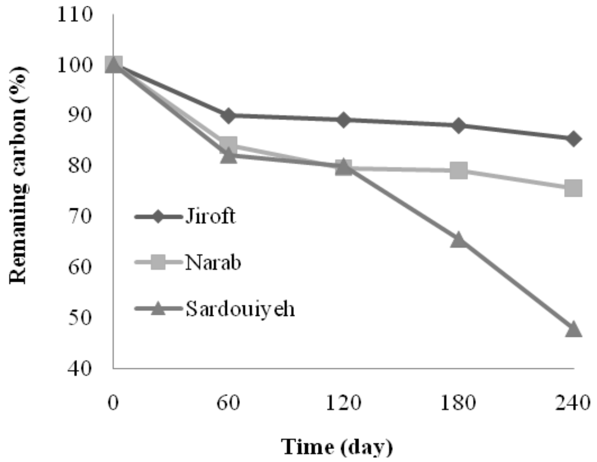
**، * و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: Significant at p=0.01, 0.05 and non-significance, respectively.



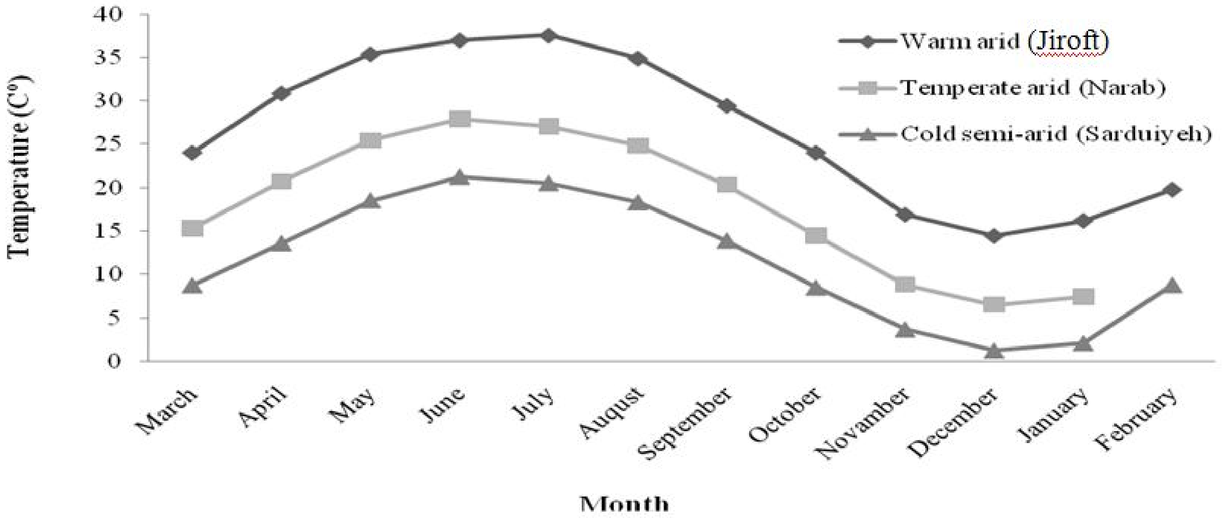
شکل 1- مقدار کربن باقیمانده در مناطق مختلف در پایان آزمایش

Fig. 1- Remaining carbon of residues at the end of the experiment in different regions



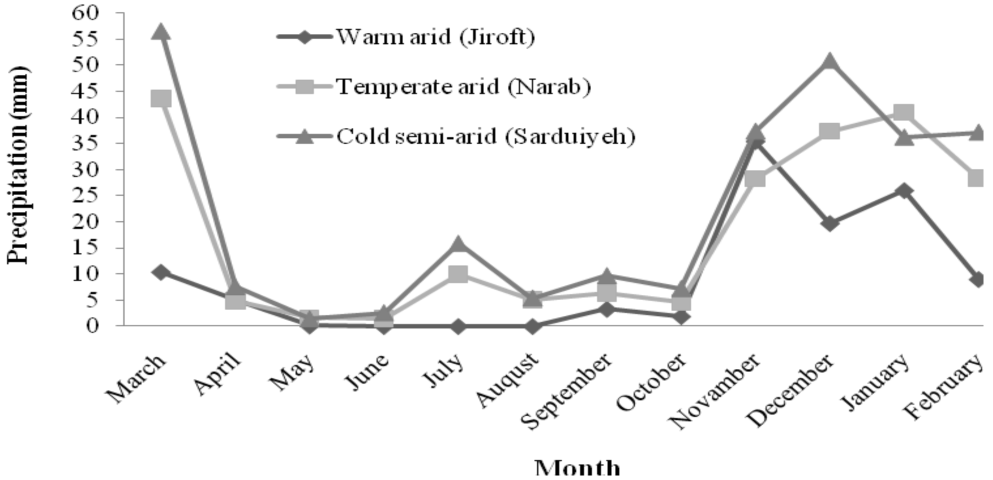
شکل 2- درصد کربن باقیمانده با گذشت زمان در مناطق مختلف در طی 240 روز آزمایش

Fig. 2- Percentage of remaining carbon of residues during 240 days of experiment in different regions



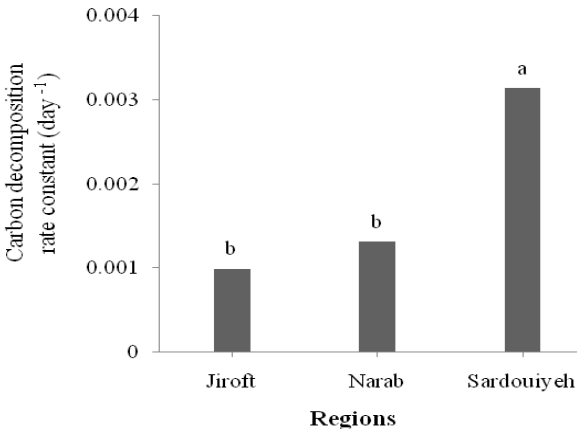
شکل 3- میانگین درجه حرارت ماهانه مناطق مورد مطالعه در سال 92-1391

Fig. 3- Monthly means temperature of studied regions during 2012- 2013



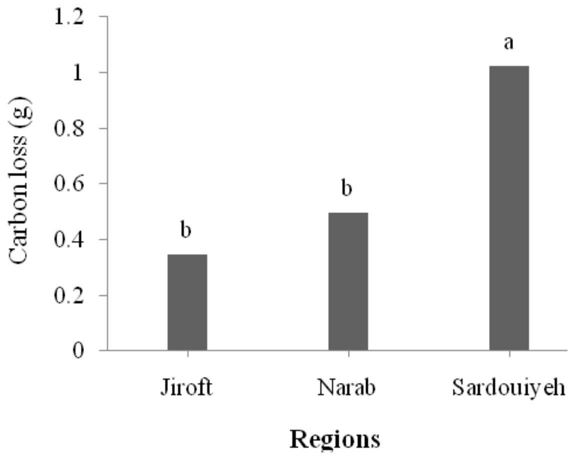
شکل 4- نمودار میانگین بارندگی ماهانه مناطق مورد مطالعه در سال 92-1391

Fig. 4- Monthly means precipitation of studied regions during 2012-2013



شکل 6- ثابت سرعت تجزیه کربن در مناطق مختلف

Fig. 6- Carbon decomposition rate constant in different regions



شکل 5- هدررفت کربن در مناطق مختلف

Fig. 5- Carbon loss in different regions

تجزیه یک فرایند حیاتی در چرخه کربن خشکی‌ها، تشکیل خاک و قابلیت دسترسی گیاهان به عناصر غذایی است (Berg & McClaughtery, 2008). در مدل‌های ارائه شده برای دینامیک مواد آلی عوامل متعددی در تجزیه کربن اکوسیستم‌های خشکی مؤثر در نظر گرفته شده است که می‌توان به کیفیت مواد آلی مورد تجزیه، محیط فیزیکی حاکم بر ماده آلی (شامل درجه حرارت، بارندگی، نوع خاک) و طبیعت و ماهیت موجودات تجزیه‌کننده اشاره نمود (Chapin et al., 2005).

بسیاری از دانشمندان بر این باورند که افزایش درجه حرارت محیط می‌تواند موجب تسریع در تجزیه کربن آلی خاک شود و سرعت آزادسازی گاز دی‌اکسیدکربن به اتمسفر را افزایش دهد (Schimel et al., 1994; Jenkinson et al., 1991) در مقابل بسیاری از محققین عقیده دارند زمانی‌که دما عامل محدودکننده برای تجزیه میکروبی نمی‌باشد افزایش آن به تنهایی موجب افزایش سرعت تجزیه کربن آلی در خاک نمی‌شود و وجود رطوبت برای مؤثر واقع شدن دما امری لازم و ضروری است (Giardina & Ryan, 2000). آموندسون و همکاران (Amundson et al., 1989) در مطالعه تجزیه بقایای گیاهی در یک منطقه خشک تا نیمه‌خشک ایالت نوادا گزارش نمودند که فعالیت میکروبی و سرعت تجزیه بقایای گیاهی تحت تأثیر گرادیان رطوبتی قرار گرفت و رطوبت قابل دسترس اثر شدیدی بر فعالیت میکروبی خاک داشت به طوری‌که در رطوبت‌های پایین خاک جمعیت میکروبی کاهش یافت (Paul & Clark, 1996). در مناطق خشک و نیمه‌خشک گاهی اوقات کمبود رطوبت و وجود دمای بالا باعث پیچیدگی در الگوی تجزیه بقایای گیاهی می‌شوند (Murphy et al., 1998). آوستین و ویوانکو (Austin & Vivanco, 2006) گزارش کردند در یک اقلیم نیمه‌خشک زمانی که کیف‌های کلش روی سطح خاک قرار گرفتند حذف اشعه ماورا بنفش یا نور خورشید به ترتیب 33 تا 60 درصد کاهش در سرعت تجزیه بقایای گیاهی شد این اطلاعات نشان می‌دهد در این مناطق اگر چه کمبود رطوبت عامل بازدارنده تجزیه میکروبی بقایای گیاهی است ولی مقدار قابل ملاحظه‌ای از بقایا در اثر فتواکسیداسیون و تخریب نوری تجزیه و بدون این که وارد خاک شود مستقیماً به صورت گاز دی‌اکسیدکربن به هوا وارد می‌شود.

اثر غلظت نیتروژن بقایا بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که غلظت نیتروژن بقایا تأثیر معنی‌داری بر مقدار کربن باقیمانده داشت ($p\leq0/01$) (جدول 4). بیشترین مقدار کربن باقیمانده از بقایای با غلظت نیتروژن کم (N_1) و کمترین مقدار کربن باقیمانده از غلظت نیتروژن بالای بقایا (N_3) به دست آمد و با افزایش غلظت نیتروژن بقایا مقدار کربن باقیمانده کاهش یافت (شکل 7). نتایج نشان داد که مقدار کربن باقیمانده نسبت به کربن اولیه در غلظت کم، متوسط و زیاد نیتروژن بقایای یونجه به ترتیب 81/8، 79/2 و 75/7 درصد بود، با افزایش غلظت نیتروژن بقایا، نسبت کربن به نیتروژن و متعاقب آن کربن باقیمانده کاهش یافت.

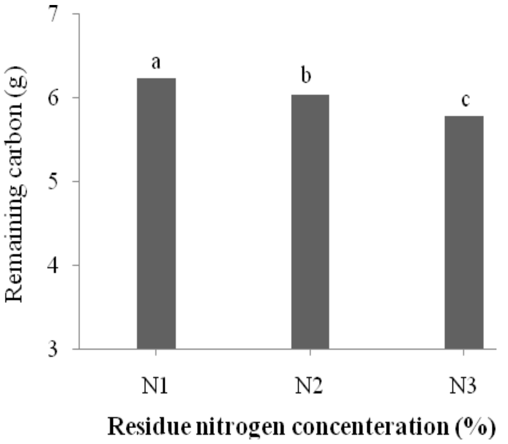
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد غلظت نیتروژن بقایا بر مقدار هدررفت کربن تأثیر معنی‌داری داشت ($p\leq0/01$) (جدول 4). بیشترین مقدار هدررفت کربن از غلظت بالای نیتروژن بقایا (N_3) و کمترین مقدار هدررفت از غلظت کم نیتروژن بقایا (N_1) به دست آمد. با افزایش غلظت نیتروژن بقایا هدررفت کربن افزایش یافت (شکل 8). نتایج نشان داد مقدار هدررفت کربن نسبت به کربن اولیه در غلظت کم، متوسط و زیاد نیتروژن بقایای یونجه به ترتیب 6/6، 8/1 و 9/8 درصد بود.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد غلظت نیتروژن بقایا تأثیر معنی‌داری بر ثابت سرعت تجزیه کربن داشت ($p\leq0/01$) (جدول 4) بیشترین ثابت سرعت تجزیه کربن از غلظت بالای نیتروژن بقایا (N_3) و کمترین ثابت سرعت تجزیه ازغلظت کم نیتروژن بقایا (N_1) به دست آمد. با افزایش غلظت نیتروژن بقایا ثابت سرعت تجزیه کربن افزایش یافت (شکل 9). نتایج نشان داد که ثابت سرعت تجزیه کربن در غلظت زیاد نیتروژن (N_3) 69/1 درصد بیشتر از غلظت پایین نیتروژن (N_1) بقایای یونجه بود و با افزایش غلظت نیتروژن بقایا و کاهش نسبت کربن به نیتروژن، ثابت سرعت تجزیه کربن افزایش یافت (شکل 10).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل غلظت نیتروژن بقایا و گذشت زمان بر ثابت سرعت تجزیه کربن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 4). بیشترین ثابت سرعت تجزیه کربن از غلظت بالای نیتروژن بقای و بازه زمانی 60-0 روز (فروردین و اردیبهشت‌ماه) به دست آمد، اما کمترین ثابت سرعت

تجزیه کربن از غلظت متوسط نیتروژن بقایا و بازه زمانی 120-60 روز (خرداد و تیرماه) به دست آمد (جدول 5).

در مورد چگونگی تأثیر کیفیت اولیه بقایای گیاهی بر سرعت تجزیه آن‌ها و آزاد شدن نیتروژن، فرضیه‌های مختلفی ارایه شده است (Giardina et al., 2001). فرضیه اول بیان‌گر آن است که سرعت تجزیه بقایای گیاهی و آزاد شدن نیتروژناز آن‌ها دارای ارتباط مثبت با کیفیت اولیه آن‌ها است. در مراحل اولیه تجزیه، نسبت کربن به نیتروژن ممکن است بهترین شاخص برای تعیین کاهش جرم بقایا و آزاد شدن نیتروژن از آن‌ها محسوب گردد، در حالی‌که در مراحل بعدی تجزیه، میزان لیگنین حائز اهمیت می‌باشد. در فرضیه دوم عقیده بر آن است که سرعت تجزیه بقایای گیاهی و آزاد شدن نیتروژناز آن‌ها با میزان نیتروژن بقایا ارتباط منفی دارد. در واقع در مراحل پایانی، مقادیر بالای نیتروژن، به ویژه در صورت بالا بودن مقدار لیگنین، موجب کاهش سرعت تجزیه بقایای گیاهی می‌شود (Giardina et al., 2001). نتایج این پژوهش نشان داد که سرعت تجزیه بقایای گیاهی دارای ارتباط مثبت با غلظت اولیه نیتروژن بقایای گیاهی بود و با افزایش غلظت نیتروژن بقایای گیاهی و کاهش نسبت کربن به نیتروژن ثابت سرعت تجزیه بقایا افزایش یافت.

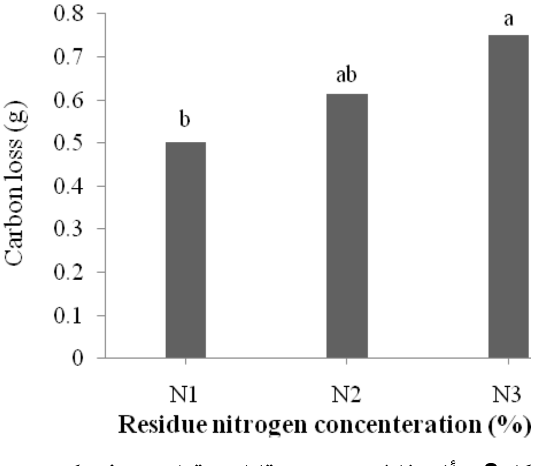


شکل 7- تأثیر غلظت نیتروژن بقایا بر مقدار کربن باقیمانده

Fig. 7- Effect of residue nitrogen concentration on the remaining carbon

N_1= غلظت کم نیتروژن بقایا، N_2 = غلظت متوسط نیتروژن بقایا و N_3 = غلظت بالای نیتروژن بقایا

N_1=Nitrogen low concentration; N_2= Nitrogen medium concentration and N_3= Nitrogen high concentration

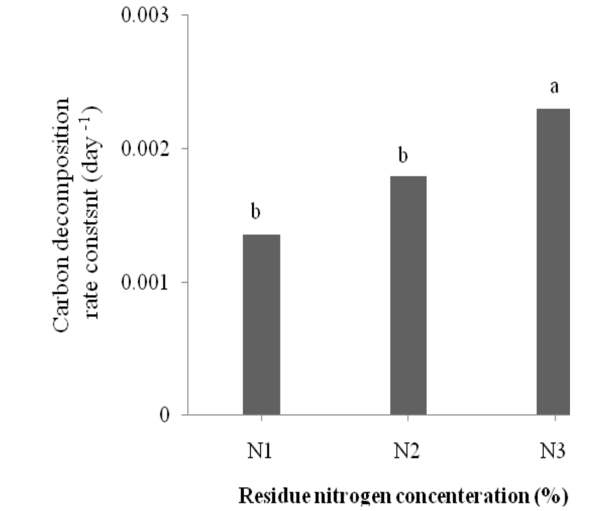


شکل 8- تأثیر غلظت نیتروژن بقایا بر مقدار هدررفت کربن

Fig. 8- Effect of residue nitrogen concentration on carbon loss

N_1= غلظت کم نیتروژن بقایا، N_2 = غلظت متوسط نیتروژن بقایا و N_3 = غلظت بالای نیتروژن بقایا

N_1=Nitrogen low concentration; N2= Nitrogen medium concentration and N_3= Nitrogen high concentration

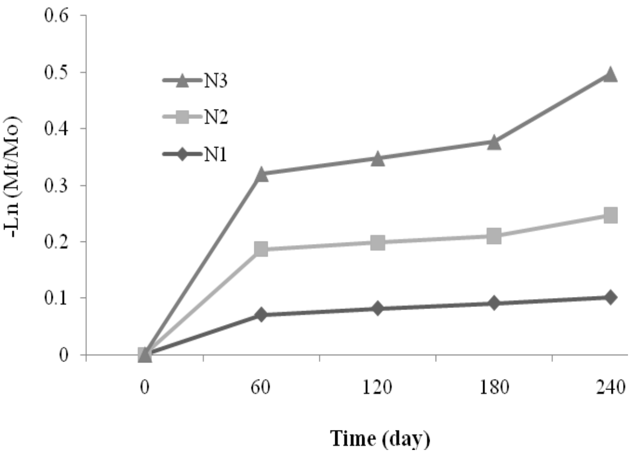


شکل 9- تأثیر غلظت نیتروژن بقایا بر ثابت سرعت تجزیه کربن

Fig. 9- Effect of residue nitrogen concentration on carbon decomposition rate constant

N_1= غلظت کم نیتروژن بقایا، N_2= غلظت متوسط نیتروژن بقایا و N_3= غلظت بالای نیتروژن بقایا

N_1= Nitrogen low concentration; N_2= Nitrogen medium concentration and N_3= Nitrogen high concentration



شکل 10- تغییرات ثابت سرعت تجزیه کربن در غلظت‌های مخلف نیتروژن

Fig. 10- Carbon decomposition rate constant in different nitrogen concentrations

(شیب هر خط نشان‌دهنده ثابت سرعت تجزیه است).

(The slope of each line is represent carbon decomposition rate constant).

N_1= غلظت کم نیتروژن بقایا، N_2= غلظت متوسط نیتروژن بقایا و N_3= غلظت بالای نیتروژن بقایا

N_1= Nitrogen low concentration; N_2= Nitrogen medium concentration and N_3= Nitrogen high concentration

در دهه‌های اخیر، فعالیت‌های کشاورزی، مصرف سوخت‌های فسیلی و دیگر فعالیت‌های انسانی محتوای نیتروژن را در اکوسیستم‌های مرطوب افزایش داده‌اند (Vitousek et al., 1997). علاوه بر آن، پیش‌بینی می‌شود گرم شدن جهانی کره زمین موجب تسریع تجزیه مواد آلی و بهبود وضعیت نیتروژن در عرض‌های جغرافیایی متوسط و بالا گردد (Rustad et al., 2001; Aerts et al., 2006). از آن‌جا که تجزیه بقایا معمولاً با محدود شدن قابلیت دسترسی به نیتروژن محدود می‌شود (Melillo et al., 1982)، افزایش محتوای نیتروژن ممکن است باعث بهبود کیفیت بقایای گیاهی و تحریک فعالیت‌های میکروبی شده و از این‌رو تجزیه بقایا در نواحی مرطوب افزایش یابد. به هر حال، مطالعات پیشین در مورد تأثیر افزودن نیتروژن بر سرعت تجزیه بقایا منتج به نتایج کاملاً متفاوتی شده و این اثر هنوز نامشخص مانده است (Knorr et al., 2005; Aerts et al., 2006). یافته‌های پژوهش سونگ و همکاران (Song

همانند یافته‌های ویوانکو و اوستین (Vivanco & Austin, 2010 et al., 2011) حاکی از آن هستند که افزودن نیتروژن باعث تحریک فعالیت میکروبی شده و در نتیجه تجزیه بقایا گیاهی افزایش می‌یابد (Vivanco & Austin 2010; Song et al., 2011). به هر حال برخی از گزارش‌ها حاکی از اثر منفی (Aerts & Caluwe, 1997) یا بی‌اثر بودن (Hobbie & Vitousek, 2000) نیتروژن افزوده شده بر تجزیه بقایا است. نتایج متضادی که در مورد تأثیر افزودن نیتروژن بر تجزیه بقایا وجود دارد ممکن است توسط تفاوت در میزان نیتروژن اضافه شده، شرایط مکانی و محل اضافه شدن نیتروژن و کیفیت بقایا قابل توجیه باشد (Knorr et al., 2005). در مجموع، افزودن نیتروژن با بهبود کیفیت بقایا و تحریک فعالیت‌های میکروبی موجب تسریع در تجزیه بقایای گیاهی می‌شود. یافته‌های این پژوهش دلالت بر آن داشت که افزودن نیتروژن قابل دسترس به خاک باعث بهبود کیفیت بقایای گیاهی تولید شده و کاهش قابل توجه مقدار کربن باقیمانده در آب و هوای سرد نیمه‌خشک، معتدل خشک و گرم خشک شد. نتایج به دست آمده مؤید آن است که افزودن نیتروژن به اراضی کشاورزی و بالا رفتن غلظت نیتروژن در بقایای گیاهی می‌تواند اثر کلیدی بر فرایند تجزیه بقایای گیاهی داشته باشد.

روند تغییرات در طی زمان بر پارامترهای اندازه‌گیری شده

همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود مقدار کربن باقیمانده در طی زمان تفاوت معنی‌داری نشان داد ($p\leq 0/01$). بیشترین مقدار کربن باقیمانده 60 روز بعد از بعد از شروع آزمایش و کمترین مقدار کربن باقیمانده 240 روز بعد از شروع آزمایش به دست آمد و با گذشت زمان مقدار کربن باقیمانده کاهش یافت (شکل 11). نتایج نشان داد مقدار کربن باقیمانده نسبت به کربن اولیه در زمان‌های 60، 120، 180 و 240 روز به ترتیب 85/43، 82/94، 77/59 و 69/72 درصد بود و به ترتیب با افزایش زمان مقدار کربن باقیمانده در کیسه لاشبرگ کاهش یافت.

مقدار هدررفت کربن در طی زمان تفاوت معنی‌داری نشان داد ($p\leq 0/01$) (جدول 4). بیشترین مقدار هدررفت کربن از بازه زمانی 60-0 روز (ماه‌های فروردین و اردیبهشت) و کمترین مقدار هدررفت کربن در بازه زمانی 60 تا 120 روز (ماه‌های خرداد و تیر) به دست آمد اما مقدار هدررفت کربن در بازه زمانی 120 تا 180 روز (ماه‌های مرداد و شهریور) و بازه زمانی180 تا 240 روز (ماه‌های مهر و آبان) مجدداً افزایش یافت (شکل 12). نتایج نشان داد مقدار هدررفت کربن نسبت به کربن اولیه در بازه زمانی60-0، 120-60، 180-120 و 240-180 روز به ترتیب 13/6، 3/6، 7/1 و 8/3 درصد بود.

جدول 5- اثر متقابل غلظت نیتروژن بقایا و بازه‌های زمانی نمونه‌برداری بر ثابت سرعت تجزیه کربن آلی

Table 5- The interactive effects residue nitrogen concentration and incubation period on carbon decomposition rate constant

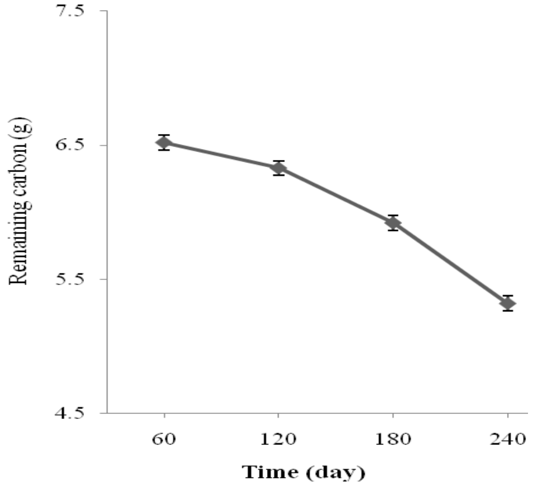
منابع تغییر S.O.V	ثابت سرعت تجزیه کربن Carbon decomposition rate constant day^{-1}
N_1 T_{0-60}	0.00218[ab]
N_1 T_{60-120}	0.00082[cd]
N_1 $T_{120-180}$	0.00116[bcd]
N_1 $T_{180-240}$	0.00126[bcd]
N_2 T_{0-60}	0.00263[a]
N_2 T_{60-120}	0.00037[d]
N_2 $T_{120-180}$	0.00148[bc]
N_2 $T_{180-240}$	0.00267[a]
N_3 T_{0-60}	0.00308[a]
N_3 T_{60-120}	0.00085[cd]
N_3 $T_{120-180}$	0.00217[ab]
N_3 $T_{180-240}$	0.00307[a]

{(N_1 = غلظت کم نیتروژن بقایا؛ N_2 = غلظت متوسط نیتروژن بقایا و N_3 = غلظت زیاد نیتروژن بقایا) (T= بازه زمانی)}

{(N_1=Nitrogen low concentration, N_2=Nitrogen medium concentration and N_3=Nitrogen high concentration) (T=Time duration)}

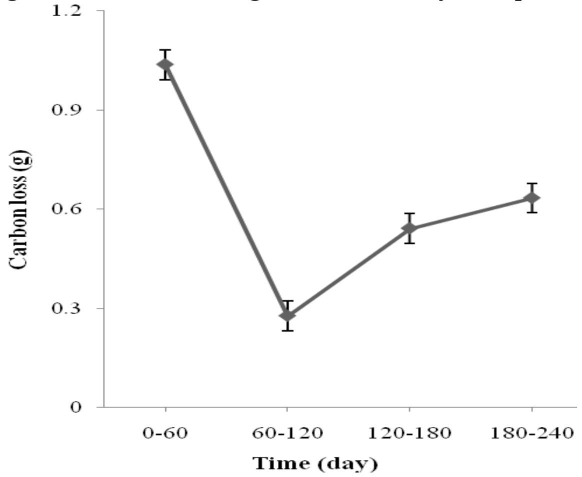
میانگین‌های که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different.



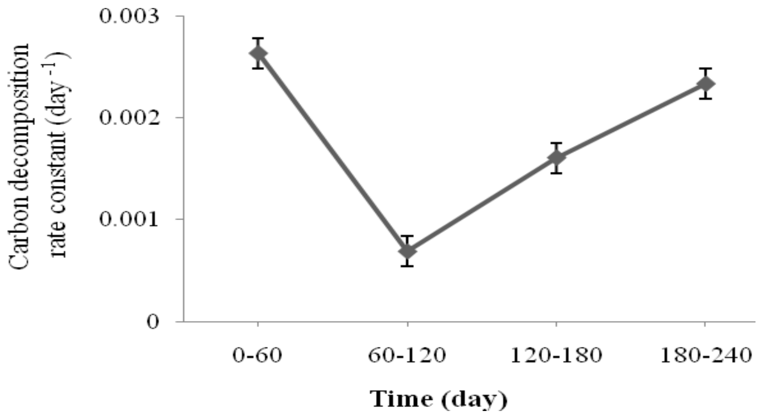
شکل 11- کربن باقیمانده در طی 240 روز آزمایش

Fig. 11- Residue remaining carbon in 240 days of experiment



شکل 12- هدررفت کربن در طی 240 روز آزمایش

Fig. 12- Residue carbon loss in 240 days of experiment



شکل 13- روند تغییرات ثابت سرعت تجزیه بقایا در طی 240 روز دوره آزمایش

Fig. 13- Residue decomposition rate constant trend in 240 days of experiment

همان‌طور که در جدول 4 مشاهده می‌شود ثابت سرعت تجزیه کربن در طی زمان تفاوت معنی‌داری نشان داد (p≤0/01). بیشترین ثابت سرعت تجزیه کربن در بازه زمانی 60-0 روز (ماه‌های فروردین و اردیبهشت) و کمترین ثابت سرعت تجزیه در بازه زمانی 60 تا 120 روز (ماه‌های خرداد و تیر) به دست آمد اما در بازه زمانی 120 تا 180 روز (ماه‌های مرداد و شهریور) و بازه زمانی 180 تا 240 روز بعد از قرار دادن نمونه‌ها (ماه‌های مهر و آبان) ثابت سرعت تجزیه کربن افزایش یافت (شکل 13).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل مناطق و گذشت زمان بر مقدار کربن باقیمانده معنی‌دار بود (p≤0/01) (جدول 4). بیشترین مقدار کربن باقیمانده در بقایا به مقدار 6/86 گرم از منطقه جیرفت و 60 روز بعد از قرار دادن نمونه‌ها و کمترین مقدار کربن باقیمانده به مقدار 3/66 گرم از منطقه ساردوئیه و 240 روز بعد از قرار دادن نمونه‌ها به دست آمد (جدول 6).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل مناطق و گذشت زمان بر مقدار هدررفت کربن معنی‌دار بود (p≤0/01) (جدول 4). بیشترین مقدار هدررفت کربن در بقایا از منطقه ساردوئیه و بازه زمانی 60- 0 روز (فروردین و اردیبهشت ماه) و کمترین مقدار کربن باقیمانده از منطقه جیرفت و و بازه زمانی 120-60 روز (خرداد و تیر ماه) به دست آمد نتایج نشان داد با گذشت زمان در منطقه ساردوئیه در شهریور تا آبان ماه به دلیل فراهم بودن رطوبت که متأثر از بارندگی است هدررفت کربن افزایش یافت (جدول 7). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر متقابل مناطق و گذشت زمان بر ثابت سرعت تجزیه کربن معنی‌دار بود (p≤0/01) (جدول 4). بیشترین ثابت سرعت تجزیه از منطقه ساردوئیه و بازه زمانی 180 تا 240 روز به دست آمد اما کمترین ثابت سرعت تجزیه کربن به مقدار 0/00052 از منطقه جیرفت و بازه زمانی 60 تا 120 روز به دست آمد. نتایج نشان داد (جدول 7).

جدول 6- اثر متقابل مناطق و گذشت زمان بر مقدار کربن باقیمانده

Table 6- Interactive effects of regions and time duration on the amount remaining carbon

منابع تغییر S.O.V	کربن باقیمانده (گرم) Remaining carbon (g)
J T_{60}	6.86^{a*}
J T_{120}	6.80^{ab}
J T_{180}	6.71^{ab}
J T_{240}	6.51^{abc}
N T_{60}	6.42^{bcd}
N T_{120}	6.07de
N T_{180}	6.03^{de}
N T_{240}	5.77^{e}
S T_{60}	6.27^{cd}
S T_{120}	6.10^{cde}
S T_{180}	5.01^{f}
S T_{240}	3.66^{g}

{(T= گذشت زمان) (J= جیرفت، N= نراب و S= ساردوئیه)}

{(T= Time) (J= Jiroft, N= Narab and S= Sardouiyeh)}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

* Means with at least one common letter are not significantly different.

جدول 7 - اثر متقابل مناطق و گذشت زمان بر مقدار هدررفت کربن و ثابت سرعت تجزیه کربن

Table 7- Interactive effects of climate conditions and time duration on the amount carbon loss and carbon decomposition rate constant

منابع تغییر S.O.V	ثابت سرعت تجزیه کربن (در روز) Carbon decomposition rate constant (day^{-1})	مقدار هدررفت کربن (گرم) Carbon loss (g)
J T_{0-60}	0.00178[c*]	0.6655[b]
J T_{60-120}	0.00052[d]	0.1831[c]
J $T_{120-180}$	0.00063[d]	0.2366[c]
J $T_{180-240}$	0.00104[cd]	0.3005[c]
N T_{0-60}	0.00285[b]	1.0877[a]
N T_{60-120}	0.00091[cd]	0.4113[bc]
N $T_{120-180}$	0.00060[d]	0.2179[c]
N $T_{180-240}$	0.00090[cd]	0.2717[c]
S T_{0-60}	0.00328[b]	1.3601[a]
S T_{60-120}	0.00064[d]	0.2374[c]
S $T_{120-180}$	0.00360[b]	1.1715[a]
S $T_{180-240}$	0.00506[a]	1.3298[a]

{(T= گذشت زمان) (J= جیرفت، N= نراب و S= ساردوئیه)}

{(T= Time) (J= Jiroft, N= Narab and S= Sardouiyeh)}

میانگین‌های که حداقل یک حرف مشترک دارند از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means with at least one common letter are not significantly different.

این موضوع که فرآیند تجزیه شامل دو مرحله کلی تند و آهسته است، مورد پذیرش اغلب محققین است. در مرحله سریع اولیه، تجزیه ترکیبات ناپایدار و سهل‌التجزیه غالب است و در مرحله آهسته بعدی، ترکیبات مقاوم‌تر تجزیه می‌شوند (Vaieretti et al., 2005). هم‌بستگی میان کیفیت بقایا و کاهش جرم آن‌ها (هدررفت کربن) این امکان را به وجود می‌آورد که فرضیاتی در مورد جوامع تجزیه‌گر در طی زمان در نظر گرفته شود. بقایای گیاهی و یا به طور کلی مواد آلی عموماً از ترکیباتی مانند سلولز (50 درصد)، همی‌سلولز (20 درصد)، لیگنین (15 درصد)، پروتئین (پنج درصد)، اسیدهای آمینه و قندها (پنج درصد)، پکتین (یک درصد) و سایر مواد از قبیل موم‌ها و رنگدانه‌ها (یک درصد) تشکیل شده است (Kogel-Knabner, 2002; Baldock, 2007). غلظت این ترکیبات در مواد آلی به دلیل تغییر جوامع تجزیه‌کننده با زمان تغییر می‌کند البته باید توجه داشت به دلیل تغییرات دما و رطوبت با زمان جوامع تجزیه‌کننده نیز متغیر می‌باشند. بنابراین این امکان وجود دارد که کربن باقیمانده در خاک علی‌رغم یکسان بودن ترکیب شیمیایی اولیه بقایا در شرایط آب و هوایی مختلف متفاوت باشد. نتایج این پژوهش نشان داد در ابتدا سرعت تجزیه بقایا بالا بوده و سپس کاهش می‌یابد. گزارش شده است بعد از قرار دادن بقایای گیاهی در سطح یا داخل خاک، ابتدا مواد آلی محلول موجود در بقایا (مانند قندها، اسیدهای آمینه و پروتئین‌ها) با سرعت زیاد مورد تجزیه قرار می‌گیرند و در این مرحله باکتری‌ها نقش اساسی دارند در مرحله بعدی سلولز و همی‌سلولز مورد تجزیه قرار می‌گیرند. و اگر چه باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها و قارچ‌ها قادر به تجزیه همی‌سلولز هستند، اما باکتری‌ها قادر به تجزیه کامل سلولز نبوده و آن را به طور ناقص تجزیه می‌کنند، ولی قارچ‌ها می‌توانند سلولز را کامل تجزیه کنند. در مرحله آخر، مواد آلی مقاوم به تجزیه مانند لیگنین مورد تجزیه قرار می‌گیرند که این مرحله فقط توسط قارچها انجام می‌شود (Kogel-Knabner, 2002; Paul, 2007). باکتری‌ها و قارچ‌ها تجزیه‌کننده‌های غالب در اغلب اکوسیستم‌ها هستند. در سیستم حرارتی مزیک (دما 15-8 درجه سانتی‌گراد)، جامعه میکروبی نقش اصلی در تجزیه بقایای گیاهی دارد، در حالی‌که در اکوسیستم‌های خشک کاهش جرم می‌تواند توسط بی‌مهرگان کوچک خاک نیز کنترل شود و در شرایط خشک متغیرهای مربوط به کیفیت بقایا شاید چندان کارآمد نباشند (Cepeda-Pizarro & Whitford, 1989). در این پژوهش در منطقه ساردوئیه و در شرایط آب و هوایی سرد نیمه-خشک سرعت تجزیه در ماه‌های آخر خوابانیدن افزایش یافت که می-

تواند به علت بارندگی بیشتر و تأمین رطوبت لازم در این ماه‌ها باشد. چون منطقه ساردوئیه در ارتفاع بالاتری از سطح دریا قرار گرفته است در عرض‌های جغرافیایی بالاتر جمعیت قارچ‌ها بیشتر از عرض‌های جغرافیایی پایین است سرعت بیشتر تجزیه بقایا همچنین می‌تواند به دلیل جمعیت بیشتر قارچ‌ها در این شرایط آب و هوایی باشد. مورفی و همکاران (Murphy et al., 1998) گزارش کردند که تجزیه بقایا در مراحل نهایی تجزیه در اختیار جوامع قارچی است. علاوه بر آن کلوپاتک و همکاران (Klopatek et al., 1994) اظهار کردند اگر چه نقش باکتری‌ها در تمامی مناطق مورد مطالعه برای تجزیه بقایا مهم بود، ولی نقش قارچ‌ها تنها در ارتفاعات بالا (عرض‌های جغرافیایی بالا) قابل ملاحظه بود. با توجه به این‌که در طی زمان به دلیل تغییر کیفیت بقایا، دما و رطوبت، ترکیب جوامع تجزیه‌کننده تغییر می‌کند در نتیجه در شرایط اقلیمی مختلف میزان تجزیه بقایا با زمان متفاوت می‌باشد و در منطقه ساردوئیه میزان هدررفت کربن و در نتیجه ثابت سرعت تجزیه بیشتر از منطقه جیرفت بود.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش نشان داد در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک در فصولی از سال (فروردین تا آبان) که دمای مناسب برای تجزیه بقایای گیاهی وجود دارد رطوبت خاک که متأثر از بارندگی است تعیین‌کننده سرعت تجزیه بقایای گیاهی بوده و بیشترین هدررفت و ثابت سرعت تجزیه کربن در ماه‌های فروردین و اردیبهشت مشاهده شد. به طوری‌که در طی گذشت هشت ماه مقدار هدررفت کربن در منطقه جیرفت، نراب و ساردوئیه به ترتیب 11/9، 20/3 و 31/1 درصد بود همچنین با افزایش غلظت نیتروژن در یک نوع بقایای گیاهی خاص هدررفت کربن و سرعت تجزیه آن افزایش می‌یابد.

منابع

Aerts, R. 1997. Climate, leaf litter chemistry and leaf litter decomposition in terrestrial ecosystems: A triangular relationship. Oikos 79: 439-449.

Aerts, R. 2006. The freezer defrosting: Global warming and litter decomposition rate in cold biomes. Journal of Ecology 94: 713-724.

Aerts, R., and Caluwe, H. 1997. Nutritional and plant–mediated controls on leaf litter decomposition of Carex species. Ecology 78: 244-260.

Aerts, R., Logtestijn, R.S.P., and Karlsson, P.S. 2006. Nitrogen supply differentially affects litter decomposition rates and nitrogen dynamics of sub-arctic bog species. Oecologia 146: 652-658.

Amundson, R.G., Chadwick, O.A., and Sowers, J.M. 1989. A comparison of soil climate and biological activity along an elevational gradient in the eastern Mojave desert. Oecologia 80: 395-400.

AOAC: Official Methods of analysis, Method 978.04

Austin, A.T., and Vivanco, L. 2006. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. Nature 442: 555-558.

Baldock, J.A. 2007. Composition and cycling of organic carbon in soil. In: Marshner, P., and Rengel, Z. (Eds). Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. Springer- Verlag Berlin Heidelberg p. 1-35

Berg, B., and MacClaughtery, C. 2008. Plant Litter: Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration. Springer- Verlag. New York.

Berg, B., and Laskowski, R. 2006. Litter decomposition: A guide to carbon and nutrient turnover. Advances in Ecological Research. Elsevier, Amsterdam p. 421.

Binkley, D., Kaye, J., Barry, M., and Ryan, M.J. 2004. First-rotation changes in soil carbon and nitrogen in a Eucalyptus plantation in Hawaii. Soil Science Society of American Journal 68: 1713-1719.

Bohlen, P.J., Parmalee, R.W., McCartney, D.A., and Edwards, C.A. 1997. Earthworm effects on carbon and nitrogen dynamics of surface litter in corn agro-ecosystems. Ecological Applications 7(4): 1341-1349.

Cao, M., and Woodward, F.I. 1998. Dynamic responses of terrestrial ecosystem carbon cycling to global climate change. Nature 393: 249-252.

Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2008. Soil sampling and methods of analysis. CRC Press. Taylor and Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300. Boca Raton, FL 33487-2742.

Cepeda-Pizarro, J.G., and Whitford, W.G. 1989. Decomposition patterns of surface leaf litter of six species along a Chihuahuan desert watershed. American Midland Naturalist 123: 319-330.

Cleveland, C.C., Reed, S.C., and Townsend, A.R. 2006. Nutrient regulation of organic matter decomposition in a tropical rain forest. Ecology 87(2): 492-503.

Constantinides, M., and Fownes, J.H. 1994. Nitrogen mineralization from leaves and residue of tropical plants: Relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentration. Soil Biology and Biochemistry 26: 49-55.

Couteaux, M.M., Bottner, P., and Berg, B. 1995. Litter decomposition, climate and litter quality. Tree 10: 63-66.

Dechaine, J., Ruan, H., Sanchez de Leon, Y., and Zou, X. 2005. Correlation between earthworms and plant litter decomposition in a tropical wet forest of Puerto Rico. Pedobiologia 49(6): 601-607.

Eiland, F., Klamer, M., Lind, A.M., Leth, M., and Baath, E. 2001. Influence of initial C/N ratio on chemical and microbial composition during long term composition of straw. Microbial Ecology 41: 272-280.

Frank, A.B., Liebig, M.A., and Hanson, J.D. 2002. Soil carbon dioxide fluxes in northern semiarid grasslands. Soil Biology and Biochemistry 34: 1235-1241.

Gallo, M.E., Porras-Alfaro, A., Odenbach, K.J., and Sinsabaugh, R.L. 2009. Photo-acceleration of plant litter decomposition in an arid environment. Soil Biology and Biochemistry 41: 1433-1441.

Galloway, J.N., Schlesinger, W., Levy, I.I.H., Michaels, A., and Schnoor, J. 1995. Nitrogen fixation: Anthropogenic enhancement- environmental response. Global Biogeochemical Cycle 9: 235-252.

Gee, G.W., and Bauder, J.W. 1986. Particle size analysis p. 383-411. In: Klute, A. (ed). Methods of soil analysis. Guilford Rd., Madison, USA.

Giardina, C.P., and Ryan, M.G. 2000. Evidence that decomposition rates of organic carbon in mineral soil do not vary with temperature. Nature 404: 858-861.

Giardina, C.P., Ryan, M.G., Hubbard, R.M., and Binkley, D. 2001. Tree species and soil textural controls on carbon and nitrogen mineralization rates. Soil Science Society of American Journal 65: 1272-1279.

Goh, T.B., Arnaud, R.J., and Mermut, A.R. 1993. Aggregate stability to water p. 177-180. In: Carter, M.R. (Ed.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers, Boca Raton.

Hattenschwiler, S., and Gasser, P. 2005. Soil animals alter plant litter diversity effects on decomposition. PNAS 102: 1519-1524.

Heal, O.W., Aderson, J.M., and Swift, M.J. 1997. Plant litter quality decomposition: An historical overview p. 47-66. In: Cadish, G., and Giller, K.E. (Eds.). Driven by nature, plant litter quality and decomposition. CAB International: Wallingford, UK.

Hobbie, S.E., and Vitousek, P.M. 2000. Nutrient limitation of decomposition in Hawaiian forests. Ecology 81: 1867-1877.

Jenkinson, D.S. 2001. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. Plant Soil 228: 3-15.

Jenkinson, D.S., Adams, D.E., and Wild, A. 1991. Model estimates of CO_2 emissions from soil in response to global warming. Nature 351: 304-306.

Jonsson, M., and Wardle, D. 2008. Context dependency of litter-mixing effects on decomposition and nutrient release across a long-term chronosequence. Oikos 117: 1674-1682.

Kirschbaum, M.F. 2006. The temperature dependence of organic matter decomposition still a topic of debate. Soil Biology and Biochemistry 38: 2510-2518.

Klopatek, C.C., Murphy, K.L., Rosen, J., Obst, J.R., and Klopatek, J.M. 1994. Preliminary results of decomposition and cellulose degradation along an environmental gradient in northern Arizona p. 46-53. In: Desired future condition for pinon-juniper ecosystems. General Technical Report RM-258. USDA Forest Service, Fort Collins, Colorado, USA.

Knorr, M., Frey, S.D., and Curtis, P.S. 2005. Nitrogen additions and litter decomposition: A meta- analysis. Ecology 86: 3252-3257.

Kogel-Knabner, I. 2002. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as inputs to soil organic matter. Soil Biology and Biochemistry 34: 139-162.

Kovar, J.L., and Pierzynski, G.M. 2009. Method for P analysis for soils, sediments, residuals and waters. Southern Cooperative Series Bulletin No. 408.

Lal, R. 2007. Soil science and the carbon cavitations. Soil Science Society of American Journal 71: 1425-1437.

Lal, R., Follett, R.F., Kimble, J., and Cole, C.V. 1999. Managing US cropland to sequester carbon in soil. Journal of

Soil and Water Conservation 54: 374-381.

Lal, R., Kimble, J.M., Follet, R.F., and Cole, V.R. 1998. The potential of US cropland to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Sleeoing Bear Press, Ann Arbor, MI, 128 pp.

Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304: 1623-1626.

Lettens, S., Orshoven, J.V., Wesemael, B.V., DeVos, B., and Muys, B. 2005. Stocks and fluxes of soil organic carbon for landscape units in Belgium derived from heterogeneous data sets for 1990 and 2000. Geoderma 127: 11-23.

Marshner, P., and Rengel, Z. 2007. Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. Springer- Verlag Berlin Heidelberg.

Maljanen, M., Komulainen, V.M., Hytonen, J.T., Martikainen, P.J., and Laine, J. 2004. Carbon dioxide, nitrous oxide and methane dynamics in boreal organic agricultural soils with different soil characteristics. Soil Biology and Biochemistry 36: 1801-1808.

Meentemeyer, V. 1978. Macroclimate and lignin control of litter decomposition rates. Ecology 59: 465-472.

McNill, A., and Unkovich, M. 2007. The Nitrogen Cycle in Terrestrial Ecosystems. In: Marshner, P., and Rengel, Z. (Eds.). Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. Springer- Verlag Berlin Heidelberg p. 37-64

Mielnick, P.C., and Dugas, W.A. 2000. Soil CO_2 flux in a Tallgrass prairie. Soil Biology and Biochemistry 32: 221-228.

Moorhead, D.L., Currie, W.S., Rastetter, E.B., Parton, W.J., and Harmon, M.E. 1999. Climate and litter quality controls on decomposition: An analysis of modeling approaches. Global Biochemical Cycles 13(2): 575-589.

Murphy, K.L., Klopatek, J.M., and Klopatek, C.C. 1998. The effects of litter quality and climate on decomposition along an elevational gradient. Ecological Application 8(4): 1061-1071.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Moradi, R., and Mansoori, H. 2015. Long term estimation of carbon dynamic and sequestration for Iranian agroecosystem: II- Sequestration and emission of carbon for common gricultural crops using ICBM model. Journal of Agroecology 7(3): 299-314.

Nelson, D.W., and Sommer, L.E. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In: A.L. Page (Eds.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. Madison, WI. p. 595-624.

Nierop, K.G.J., Pulleman, M.M., and Marinissen, J.C.Y. 2001. Management induced organic matter differentiation in grassland and arable soils: A study using pyrolysis techniques. Soil Biology and Biochemistry 33: 775-764.

Ogle, S.M., Jay, B.F., and Paustian, K. 2005. Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic conditions of temperate and tropical regions. Biogeochemistry 72: 87-121.

Olson, J.S. 1963. Energy storage and balance of producers and decomposition in ecological systems. Ecology 44: 322-331.

Peterjohn, W.T., Melillo, J.M., Steudler, P.A., Newkirk, K.M., Bowles, F.P., and, J.D. 1994. Responses of trace gas flues and N availability to experimentally elevated soil temperatures. Ecological Applications 4: 617-625.

Pangle, R.E. 2000. Soil CO_2 efflux in response to fertilization and mulching treatments in two-year- old loblolly pine (*Pinus taeda* L.) plantation in the Virginia Piedmont, Thesis in Master of Science, Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

Paul, E., and Clark, F. 1996. Soil Microbiology and Biochemistry, Academic, New York. USA.

Paul, E.A. 2007. Soil Microbiology. Ecology and Biochemistry. Academic, New York. USA.

Raich, J.W., and Nadelhoffer, K.J. 1989. Belowground carbon allocation in forest ecosystems: Global trends. Ecology 70: 1346-1354.

Reicosky, D.C., Reeves, D.W., Prior, S.A, Runion, G.B., Rogers, H.H., and Raper, R.L. 1999. Effects of residue management and controlled traffic on carbon dioxide and water loss. Soil and Tillage Research 52: 153-165.

Robertson, G.P., and Paul, E.A. 1999. Decomposition and soil organic matter dynamics. In: Sala, O.E., Jackson, R. B., Mooney, H.A., and Howarth, R.W. (Eds.). Methods of Ecosystem Science. Spinger- Verlag, New York p. 104-116.

Rochette, P., Angers, D.A., and Cote, D. 2000. Soil carbon and nitrogen dynamics following application of pig Slurry for the 19th consecutive Year: Carbon dioxide fluxes and microbial biomass carbon. Soil Science Society of American Journal 64: 1389-1395.

Rustad, L.E., Campbell, J.L., Marion, G.M., Norby, R.J., Mitchell, M.J., Hartley, A.E., Cornelissen, J.H.C., and Gurevitch, J. 2001. A meta- analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. Oecologia 126: 543-562.

Sanchez, M.L., Ozores, M.I., Lopez, M.J., Colle, R., De Torre, M.A., and Perez, G.I. 2003. Soil CO_2 fluxes beneath barley on the central Spanish plateau. Agricultural and Forest Meteorology 118: 85-95.

Schimel, D.S., Braswell, B.H., Holland, E., McKeown, R., Ojima, D.S., Painter, T.H., Parton, W.J., and Townsend, A.R. 1994. Climatic, edaphic, and biotic controls over storage and turnover of carbon in soils. Global Biogeochemical Cycles 8: 279-293.

Song, C., Liu, D., Yang, G., Song, Y., and Mao, R. 2011. Effect of nitrogen addition on decomposition of Calamagrostis angustifolia litters from fresh water marshes of Northeast China. Ecological Engineering 37: 1578-1582.

Soon, Y.K., and Arshad, M.A. 2002. Comparison of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. Biology and Fertility of Soils 36: 10-17.

Steinberger, Y., Shmida, A., and Whitford, W.G. 1990. Decomposition along a rainfall gradient in the Judean desert Israel. Oecologia 82: 322-324.

Swift, M.J., Heal, O.W., and Anderson, J.M. 1979. Decomposition in terrestrial ecosystems. Blackwell, Oxford p. 372.

Throop, H.L., and Archer, S.R. 2009. Resolving the dry land decomposition conundrum: Some new perspective on potential drivers. In: Luttge , U., Beyschlag, W., Budel, B., and Francis, D. (Eds.). Progress in Botany. Vol. 70. Springer-Verlag. Berlin p. 171-194.

Vaieretti, M.V., Pérez, H.N., and Gurvich, D.E. 2005. Decomposition dynamics and physico-chemical leaf quality of abundant species in montane woodland in central Argentina. Plant and Soil 21: 205-278.

Vanderbilt, K.L., White, C.S., Hopkins, O., and Craig, J.A. 2008. Aboveground decomposition in arid environments: results of long- term study in central New Mexico. Journal of Arid Environment 72: 275-709.

Vitousek, P., Aber, J., Howarth, R., Likens, G., Matson, P., Schindler, D., Schlesinger, W., and Tilman, D. 1997. Human alterations of the global nitrogen cycle: Sources and consequences. Ecological Application 7: 737-750.

Vivanco, L., and Austin, A.T. 2010. Nitrogen addition stimulates forest litter decomposition and disrupts species interactions in Patagonia, Argentia. Global Change Biology 10: 1363-1974

Von Arnold, K., Nilsson, M., Hanell, B., Weslien, P., and Klemedtsson, L. 2005. Fluxes of CO_2, CH_4 and N_2O from drained organic soils in deciduous forests. Soil Biology and Biochemistry 37: 1059-1071.

Walkley, A., and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science 63: 251-263.

Wilken, G.C. 1991. Sustainable agriculture is the solution, but what is the problem? Occas. No. 14 BIFADEC, [U. S.] Agency for International Development. Washington DC.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 397-416

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 416-397

Effect of Residue Nitrogen Concentration and Time Duration on Carbon Mineralization Rate of Alfalfa Residues in Regions with Different Climatic Conditions

S. Shafiei[1*], A. Golchin[2] and M.A. Delavar[3]

Submitted: 09-10-2014
Accepted: 08-02-2015

Shafiei, S., Golchin, A., and Delavar, M.A. 2016. Effect of residue nitrogen concentration and time duration on carbon mineralization rate of alfalfa residues in regions with different climatic conditions. Journal of Agroecology 8(3):397-416

Introduction

Various factors like climatic conditions, vegetation, soil properties, topography, time, plant residue quality and crop management strategies affect the decomposition rate of organic carbon (OC) and its residence time in soil. Plant residue management concerns nutrients recycling, carbon recycling in ecosystems and the increasing CO_2 concentration in the atmosphere. Plant residue decomposition is a fundamental process in recycling of organic matter and elements in most ecosystems. Soil management, particularly plant residue management, changes soil organic matter both qualitatively and quantitatively. Soil respiration and carbon loss are affected by soil temperature, soil moisture, air temperature, solar radiation and precipitation. In natural agro-ecosystems, residue contains different concentrations of nitrogen. It is important to understand the rate and processes involved in plant residue decomposition, as these residues continue to be added to the soil under different weather conditions, especially in arid and semi-arid climates.

Material and methods

Organic carbon mineralization of alfalfa residue with different nitrogen concentrations was assessed in different climatic conditions using split-plot experiments over time and the effects of climate was determined using composite analysis. The climatic conditions were classified as warm-arid (Jiroft), temperate arid (Narab) and cold semi-arid (Sardouiyeh) using cluster analysis and the nitrogen (N) concentrations of alfalfa residue were low, medium and high. The alfalfa residue incubated for four different time periods (2, 4, 6 and 8 months). The dynamics of organic carbon in different regions measured using litter bags (20×10 cm) containing 20 g alfalfa residue of 2-10 mm length which were placed on the soil surface.

Results and discussion

The results of this study showed that in a warm-arid (Jiroft), carbon loss and the carbon decomposition rate constant were low in a cold semi-arid (Sardouiyeh). The most suitable temperatures occurred from April to October in arid and semiarid climates and soil moisture is probably the key contributor to the rate of decomposition. The highest carbon loss in alfalfa in the cold, semiarid climate for a period of 8 months was 32.64%. The highest carbon decomposition rate constant was observed in the first 2 months of the incubation time. These results indicate that higher nitrogen residue resulted in greater decomposition of plant residue and lower carbon remaining in all tested climates. The higher nitrogen content of plant residue potentially increases the concentration of nitrogen in crop residue and may increase the decomposition rate.

The strong relation between decomposition and climate has led to the belief that favorable climatic conditions can increase the decomposition rate on a global scale and positively decrease and distribute greenhouse gases in the atmosphere. In arid and semi-arid ecosystems, it is difficult to assess the decomposition rate based on climatic data; it seems to be related to temperature and available humidity. Furthermore, Austin & Vivanco (2006) reported that, in semi-arid climates, the litter decomposition rate decreased by 60 % when solar radiation was attenuated; they concluded that photodegradation exerts dominant control over litter decomposition in a dry ecosystem.

Conclusions

1, 2 and 3- PhD Student of Soil Science, Professor and Assistant Professor of Soil Science, College of Agriculture, University of Zanjan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Saeid55@gmail.com)

The results showed that, precipitation of the study area and soil moisture played a key role in the plant residue decomposition rate. In the cold semi-arid climate which moisture was available for decomposition of plant residues for a longer period of time, OC loss and decomposition rate constant were higher than those obtained for warm-arid and temperate-arid climatic conditions. It may be concluded that crop fertilization, which increases P and N concentrations of plant residue, increases decomposition rate of plant residue but decrease its mean residence time in soils.

Keywords: Carbon decomposition rate constant, Carbon loss, Climate condition

References

Austin, A.T., and Vivanco, L. 2006. Plant litter decomposition in a semi-arid ecosystem controlled by photodegradation. Nature 442: 555-558.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 417-434

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 434-417

تأثیرکاشت گیاهان پوششی بر توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک سویا (*Glycine max* L.) در رقابت با علف‌های هرز

سیده ثمانه هاشمی[1]، فائزه زعفریان[2*]، اسفندیار فرهمندفر[2] و میلاد باقری شیروان[3]

تاریخ دریافت: 1393/10/08
تاریخ پذیرش: 1394/10/19

هاشمی، س.ث.، زعفریان، ف.، فرهمندفر، ا.، و باقری شیروان، م. 1395. تأثیرکاشت گیاهان پوششی بر توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک سویا (*Glycine max* L.) در رقابت با علف‌های هرز. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3):434-417.

چکیده

به منظور مطالعه تغییرات عمودی سطح برگ و ماده خشک کانوپی سویا (*Glycine max* L.) در رقابت با علف‌های هرز و در حضور گیاهان پوششی، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال 1392 به صورت بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل گیاهان پوششی (شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.)، شنبلیله (*Trigonella foenum–graecum* L.) ، خلر (*Lathyrus sativus* L.) و ماشک (*Vicia sativa* L.)) و زمان‌های کاشت گیاهان پوششی (همزمان با سویا و سه هفته بعد از کاشت سویا) بوده و همچنین دو تیمار شاهد به صورت تک‌کشتی سویا با و بدون وجین در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد حداکثر میزان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک سویا در لایه‌های مختلف کانوپی بسته به نوع گیاه پوششی و زمان کاشت آن متفاوت بود در حالی‌که گیاهان پوششی در کاشت با تأخیر شاخص سطح برگ و ماده خشک کمتری نسبت به کاشت همزمان داشتند. در اکثر موارد بیشترین شاخص سطح برگ و همچنین تجمع ماده خشک علف‌های‌هرز در لایه ابتدایی کانوپی (20-0 سانتی‌متر) به دست آمد. بیشترین مجموع سطح برگ علف‌هرز در تیمار کاشت همزمان سویا با شنبلیله (290/4 سانتی‌متر مربع) و بیشترین ماده خشک مجموع علف‌هرز در تیمار کاشت سویای بدون وجین (12/4 گرم بر بوته) مشاهده شد، در حالی‌که کمترین مجموع سطح برگ و ماده خشک کل علف‌هرز (به ترتیب صفر سانتی‌متر مربع و صفر گرم بر بوته) در تیمار کاشت با تأخیر ماشک به دست آمد، همچنین کاشت با تأخیر ماشک موجب تولید بیشترین عملکرد دانه سویا (3792/6 کیلوگرم در هکتار) در شرایط حضور علف‌هرز شد که بیشترین توانایی سرکوب‌کنندگی رشد علف‌های‌هرز را نسبت به سایر گیاهان پوششی داشته است. به نظر می‌رسد کاشت ماشک گل‌خوشه‌ای 21 روز بعد از سویا برای سرکوب کردن علف‌های‌هرز جایگزین مناسبی در کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: خلر، ساختار کانوپی، شبدر ایرانی، ماشک

مقدمه

کنترل علف‌های‌هرز یک محدودیت جدی در تولید محصولات زراعی به حساب می‌آید و به عنوان یک اولویت در کشاورزی ارگانیک مد نظر قرار گرفته است (Ngouajio et al., 2003). بدون کنترل علف‌های هرز، بسته به توانایی رقابتی علف‌هرز و گیاه زراعی، تراکم آن‌ها و مدت زمان رقابت، تلفات عملکرد از 10 تا 100 درصد متغیر خواهد بود. بنابراین مدیریت علف‌های هرز یکی از عملیات کلیدی در بیشتر نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شود (Banman, 2001; Hamzei et al., 2016). استفاده از علف‌کش‌ها نه تنها موجب مقاوم شدن بسیاری از علف‌های‌هرز به آن‌ها شده است، بلکه باعث ایجاد خطرات زیست‌محیطی و خسارت های شدید جانبی بر زنجیره حیاتی در اکوسیستم‌های زراعی و طبیعی نیز شده است (Sanjani et al.,

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: fa_zaefarian@yahoo.com)

2006). از سوی دیگر روش‌های متداول خاک‌ورزی نیز خطر فرسایش خاک را افزایش داده و در بلندمدت روی ساختمان خاک و به تبع آن عملکرد، اثر منفی به دنبال دارند (Ghafari et al., 2011). همچنین، استفاده از وجین دستی علف‌های هرز نیز روشی زمان‌بر بوده و عمدتاً مقرون به صرفه نیست. در حالی‌که، یکی از روش‌های مناسب کنترل علف‌های هرز استفاده از گیاهان پوششی بین ردیف‌های گیاهان زراعی می‌باشد (Uchino et al., 2012).

گیاهان پوششی با اشغال سریع فضای باز بین ردیف‌های گیاه اصلی از جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز ممانعت به عمل آورده و رشد و توسعه گیاهچه‌های علف‌های هرز را کاهش می‌دهند (Hollander et al., 2007). از طرفی دیگر، گیاهان پوششی از طریق ایجاد رقابت برای نور، رطوبت و مواد غذایی و تولید ترکیبات آللوپاتیک نیز موجب کاهش رشد علف‌های هرز می‌شوند (Uchino et al., 2009). در این میان استفاده از لگوم‌ها به عنوان گیاه پوششی می‌تواند علاوه بر موارد ذکر شده وضعیت تغذیه‌ای خاک را نیز از طریق افزودن نیتروژن آلی بهبود بخشد (Abdin et al., 2000). یوچینو و همکاران (Uchino et al., 2009) در بررسی امکان کنترل علف‌های هرز ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) توسط گیاهان پوششی اظهار داشتند که با افزایش سطح پوشش خاک توسط ذرت، سویا و گیاهان پوششی از میزان ماده خشک علف‌های هرز کاسته می‌شود. آن‌ها بیان داشتند که کاشت گیاهان پوششی 21 روز پس از کاشت گیاهان اصلی، باعث افزایش 29 درصدی عملکرد سویا و 68 درصدی عملکرد ذرت می‌گردد. در آزمایش دیگری که به منظور بررسی گیاهان پوششی و مالچ بر عملکرد گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum scullentum* L.) اجرا گردید، افزایش 28 درصدی عملکرد گوجه‌فرنگی در هنگام استفاده از ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.) به عنوان گیاه پوششی گزارش شد (Campiglia et al., 2010).

رقابت مجموعه‌ای از فرآیندهای پویایی است که عرضه، تقاضا، جذب و بهره‌وری منابع را تعیین می‌کند (Bastians, 2001). قابلیت انعطاف‌پذیری علف‌هرز یا گونه زراعی به کمبود نور از جمله عوامل مهم در دوام و بقای آن‌ها است (Caton, et al.,1997; Gibson, et al., 2001).

نور برخلاف آب و مواد غذایی، به دلیل جذب لحظه‌ای و غیرقابل ذخیره بودن یکی از مهمترین عوامل رقابت در اکوسیستم‌های زراعی است که مقدار جذب آن توسط عواملی مانند تراکم گیاهی و خصوصیات ساختمان کانوپی یا آرایش فضایی و هندسی اندام هوایی تعیین می‌گردد (Ahmadvand et al., 2006). در اغلب جوامع گیاهی دریافت و جذب نور توسط گیاه به شدت تحت تأثیر ساختار کانوپی قرار می‌گیرد. در شرایطی که کانوپی گیاه غیرمتراکم باشد، بخش‌های فوقانی گیاه سایه‌اندازی کمتری روی اندام‌های تحتانی داشته و بدین ترتیب انرژی لازم برای انجام فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه به مقدار بیشتری تأمین خواهد شد (Marcuvitz & Turkington, 2000). ساختار کانوپی عبارت است از انشعابات ساقه اصلی یا پنجه‌ها و توزیع عمودی سطح برگ روی آن‌ها (Caton et al., 2001).

ساختار کانوپی، با نحوه توزیع سطح برگ و ماده خشک در ارتباط بوده و از این طریق روی میزان جذب تشعشع، تبخیر و تعرق کانوپی و در نهایت تجمع ماده خشک و عملکرد دانه تأثیر می‌گذارد (Schittenhelm et al., 2006; Valentinuz &Tollenaar, 2006). میزان گسترش سطح برگ، حداکثر شاخص سطح برگ و پیری برگ عوامل مهمی در دریافت نور و تجمع ماده خشک در کانوپی محسوب می‌شوند. نتایج بررسی‌های والنتینز و تولنار (Valentinuz & Tollenaar, 2006) نیز نشان داد که سطح برگ کل و توزیع عمودی سطح برگ در کانوپی گیاه زراعی روی دریافت نور و تجمع ماده خشک مؤثر است. به طور کلی، ارتفاع و شاخص سطح برگ دو عامل تعیین‌کننده برتری در جریان رقابت دو گونه گیاهی به شمار می‌روند. معمولاً گونه‌هایی با سطح برگ و ارتفاع بیشتر در رقابت موفق‌تر عمل می‌کنند (Vazin et al., 2010). علف‌های هرز در رقابت برای نور از دو راهبرد استفاده می‌کنند. یکی از آن‌ها قرار دادن برگ‌ها در بالای گیاه رقیب و دیگری توزیع عمودی سطح برگ درون کانوپی می‌باشد (Rajcan et al., 2002). تغییرات مرفولوژیک برای اجتناب از سایه (تولید برگ‌های نازک‌تر، میانگره‌های بلندتر، ساقه قوی‌تر، نسبت کمتر وزن خشک برگ به ساقه و نسبت کمتر وزن خشک ریشه به ساقه) نقش مهمی در سازگاری و بقاء گیاه در شرایط رقابت برای نور به عهده دارند (Rajcan & Swanton, 2001).

توزیع عمودی زیست‌توده عامل تعیین‌کننده در قدرت رقابتی گونه‌های گیاهی مختلف محسوب می‌شود (Tackenberg, 2007). در صورتی که شرایط برای حضور موفق‌تر علف‌های هرز در مقابل

گیاه زراعی فراهم باشد، علف‌های هرز از شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک بالاتری برخوردار بوده و سطح برگ و ماده خشک بیشتری را به لایه‌های بالاتر کانوپی اختصاص می‌دهند و با این وسیله برای جذب نور با گیاه زراعی رقابت می‌کنند. در مقابل، حضور عواملی که باعث تأخیر در سبز شدن علف‌های هرز گردد، سطح برگ و ماده خشک گیاه زراعی را افزایش داده و سبب اختصاص سطح برگ گیاه زراعی به لایه‌های بالاتر کانوپی شده و برتری گیاه زراعی نسبت به علف‌های هرز را به دنبال دارد (Haj Seyed Hadi et al., 2007). از این‌رو، این پژوهش با هدف بررسی امکان تأثیرگذاری نوع و زمان‌های مختلف کاربرد گیاهان پوششی روی تغییرات عمودی ماده خشک و سطح برگ سویا، گیاهان پوششی و علف‌های هرز انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی واکنش علف‌های هرز به کاشت گیاهان پوششی همراه با گیاه زراعی سویا، آزمایشی در مزرعه مرکز جهاد کشاورزی جویبار در سال 1392 به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 10 تیمار و سه تکرار انجام شد. مشخصات خاک مزرعه در جدول شماره 1 لحاظ شده است.

جدول 1- برخی ویژگی‌های فیزیکو- شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some of physical and chemical properties of soil

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sample depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	مقدار عناصر خاک: نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	بافت Texture
0-30	1.24	7.76	0.117	11.5	201	رس Clay

تیمارهای آزمایشی شامل کاشت گیاهان پوششی شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.)، شنبلیله (*Trigonella foenum–graecum* L.)، خلر (*Lathyrus sativus* L.) و ماشک (*Vicia sativa* L.) به صورت همزمان و سه هفته بعد از کاشت سویا بود. علاوه بر این به منظور ارزیابی عملکرد گیاهان پوششی روی کاهش تراکم علف‌های هرز و عملکرد سویا دو تیمار کاشت خالص سویا بدون وجین و همراه با وجین علف‌های هرز لحاظ گردید. کاشت سویا و گیاهان پوششی در تیمارهای همزمان (تاریخ کاشت اول) در تاریخ 30 اردیبهشت ماه انجام شد و برای اعمال تیمار تاریخ دوم کاشت گیاهان پوششی، سه هفته بعد از کاشت سویا (21 روز پس از تاریخ اول) گیاهان پوششی کشت شدند. از سویا رقم ساری و ارقام محلی گیاهان پوششی استفاده گردید. هر کرت شامل پنج ردیف کاشت گیاه سویا بود که با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر کشت شدند و شش ردیف کاشت گیاه پوششی با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر و روی ردیف دو سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Dadashi, 2013). کاشت به صورت خشکه‌کاری و سیستم آبیاری مورد استفاده به صورت قطره‌ای بود. بعد از آبیاری‌های اولیه برای سبز شدن، آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه و هر هشت روز یک‌بار انجام گرفت. کاشت بذور گیاهان پوششی به صورت دستپاش بر روی پشته‌ها و با فاصله ردیف 25 سانتی‌متر از ردیف گیاه زراعی انجام گرفت و سپس به منظور ایجاد تراکم مورد نظر، سویا در مرحله 6-4 برگی و گیاهان پوششی در مرحله 4-3 برگی تنک شدند. گیاهان پوششی تا پایان فصل رشد در زمین باقی ماندند. علف‌های هرز شناسایی شده در مزرعه شامل چسبک (*Setaria viridis* L.)، دم‌روباهی باریک (*Alopecurus myosuroides* Huds)، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، گوش بره (*Chrozophora tinctoria* (L.) juss)، قیاق (*Sorghum halepense* (L.) pers)، مرغ (*Cynodon dactylon* (L.) pers)، پیچک (*Convolvulus arvensis* L.) و خربزه وحشی (Cucumis melo var agrestis) بودند، که چسبک، دم‌روباهی و تاج‌خروس بیشترین فراوانی را در بین سایر علف‌های هرز داشتند و به عنوان علف‌های هرز غالب مزرعه در نظر گرفته شدند. مابقی علف‌های هرز موجود در مزرعه به عنوان سایر علف‌های هرز مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور مطالعه توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک سویا، گیاهان پوششی و

علف‌های‌هرز 90 روز پس از کاشت (پس از بسته شدن کانوپی سویا) نمونه‌برداری انجام گرفت. نمونه‌برداری سویا و گیاهان پوششی در هر کرت از سطح 0/025 مترمربع انجام شد، که در همین مرحله برای نمونه‌برداری علف‌های هرز از کادرهای 40 ×40 سانتی‌متر مربع در هر کرت استفاده شد. برای این منظور بوته‌ها در مزرعه با مقوای مدرج به لایه‌های 20 سانتی‌متری تقسیم و نمونه‌های هر لایه به طور مجزا داخل پاکت‌های مجزا قرار داده شدند (Mosier & Oliver, 1995). سطح برگ هر لایه در آزمایشگاه توسط دستگاه سطح برگ سنج[1]، اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری ماده خشک نمونه‌ها به مدت 48 ساعت درون آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس توزین شدند. به منظور محاسبه عملکرد هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک از ردیف‌های میانی 1/5 مترمربع برداشت گردید. نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم گردید. تجزیه آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح آماری پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

توزیع عمودی سطح برگ سویا

در بررسی تغییرات عمودی سطح برگ سویا در لایه‌های مختلف کانوپی مشاهده شد که بیشترین تمرکز شاخص سطح برگ سویا (به ترتیب 30/33 و 38/6 درصد) در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز مربوط به لایه 60-40 سانتی‌متر بود (شکل 1). البته در شرایط کنترل به لحاظ آماری اختلافی میان لایه 60-40 سانتی‌متر و بالاترین لایه کانوپی (100-80 سانتی‌متر) و در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز نیز اختلافی میان لایه 60-40 سانتی‌متر و بالاترین لایه کانوپی 80-60 سانتی‌متر مشاهده نگردید (شکل 1).

بیشترین سطح برگ سویا در حضور شنبلیله به عنوان گیاه پوششی در هر دو زمان کاربرد مربوط به لایه 80-60 سانتی‌متری کانوپی بود (شکل 1) و کاشت همزمان و با تأخیر شنبلیله به ترتیب باعث اختصاص 39/58 و 24/84 درصد از سطح برگ سویا به این لایه شدند (شکل 1). کاشت شنبلیله به عنوان گیاه پوششی در میان ردیف‌های سویا باعث افزایش سهم لایه‌های بالایی کانوپی سویا در کاشت همزمان شد و در کاشت با تأخیر توزیع نسبتاً یکنواختی در لایه‌های مختلف کانوپی داشته است، به طوری‌که در کاشت با تأخیر آن توزیع نسبتاً یکنواختی در لایه‌های 40-20، 60-40، 80-60 و 100-80 سانتی‌متری وجود داشت (شکل 1).

بیشترین سطح برگ سویا در حضور ماشک به عنوان گیاه پوششی در کاشت همزمان مربوط به لایه 80-60 سانتی‌متری کانوپی و در کاشت با تأخیر در لایه 60-40 سانتی‌متری بود (شکل 1). کاشت همزمان و با تأخیر ماشک باعث اختصاص به ترتیب 35/98 و 27/18 درصد از سطح برگ سویا به این لایه شدند (شکل 1). گیاه ماشک در هر دو تاریخ کاشت موجب شد تا سطح برگ سویا توزیع نسبتاً یکنواختی در لایه‌های مختلف کانوپی داشته است. نتایج زعفریان و همکاران (Zaefarian et al., 2009) نشان داد که سویا جهت دریافت نور سطح برگ خود را در تمام لایه‌های کانوپی توزیع نمود تا بتواند از نوری که به وسیله ذرت و تاتوره (*Datura stramonium* L.) جذب نشده است، استفاده نماید.

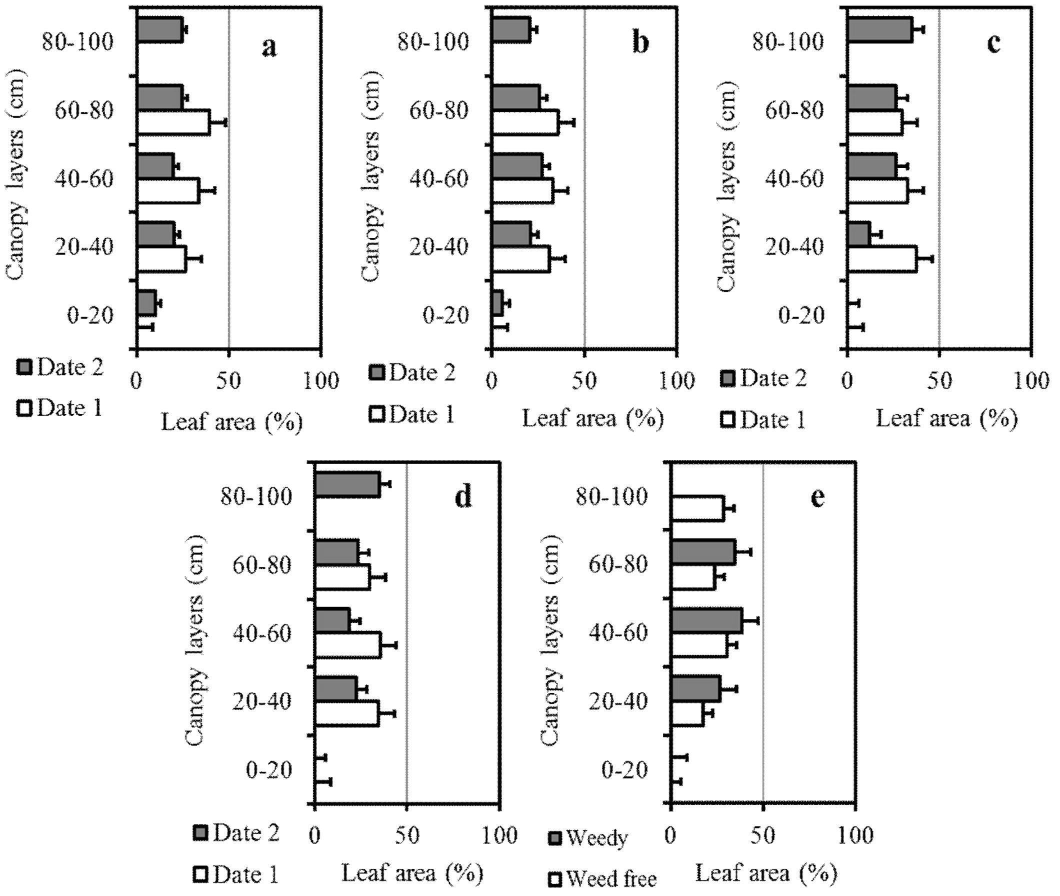
بیشترین سطح برگ سویا در حضور شبدر به عنوان گیاه پوششی در کاشت همزمان مربوط به لایه 40-20 سانتی‌متری کانوپی و در کاشت با تأخیر در لایه 100-80 سانتی‌متری بود (شکل 1). کاشت همزمان باعث اختصاص 37/68 درصد و کاشت با تأخیر شبدر 34/97 درصد از سطح برگ سویا به این لایه شدند (شکل 1).

بیشترین سطح برگ سویا در حضور خلر به عنوان گیاه پوششی در کاشت همزمان مربوط به لایه 60-40 سانتی‌متری کانوپی و در کاشت با تأخیر در لایه 100-80 سانتی‌متری بود (شکل 1). کاشت همزمان باعث اختصاص 38/69 درصد و کاشت با تأخیر خلر 35/19 درصد از سطح برگ سویا به این لایه شدند (شکل 1).

به طور کلی بر اساس بررسی روند توزیع عمودی سطح برگ سویا در تیمارهای مختلف کشت خالص و حضور گیاهان پوششی مشاهده شد که به جز در تیمار شنبلیله و ماشک در تاریخ کاشت دوم، در بقیه تیمارها بوته‌های سویا سطح برگ خود را از لایه 40-20 سانتی‌متری شروع کردند (شکل 1). دلیل این امر را می‌توان به پیری زودرس و ریزش برگ‌های این لایه به خاطر سایه‌اندازی و کاهش نور قابل دسترس در این لایه نسبت داد (Rajcan & Swanton, 2001). هنگامی‌که رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی شدید است، برگ‌ها نیز با سرعت بیشتری پیر می‌شوند (Cavero et al., 2000). در تاریخ کاشت اول، گیاهان پوششی به دلیل حضور زودتر در مزرعه

1- Laser leaf area meter (CID, Inc.; CI-203)

و استفاده بهتر از منابع، با گیاه اصلی رقابت کردند و رشد گیاه زراعی در لایه‌های پایین‌تر کانوپی متوقف گردید ولی در تاریخ کاشت دوم به دلیل عدم رقابت گیاهان پوششی، رشد گیاه زراعی سویا بهتر بوده و توزیع سطح برگ در لایه‌های پایین‌تر کانوپی مشاهده شده است (شکل 1).



شکل 1- درصد سطح برگ سویا در لایه‌های مختلف کانوپی در حضور شنبلیله (الف)، ماشک (ب)، شبدر (ج)، خلر (د) و کشت خالص سویا (هـ)

Fig. 1- Leaf area percentage of soybean in different layers of canopy in presence of fenugreek(a), winter veteh (b), Persian clover (c), chickling pea (d) and monoculture of soybeans (e)

Date 1: کاشت همزمان سویا با گیاه پوششی و Date 2: کاشت گیاه پوششی 21 روز پس از سویا

Cover crop planting three weeks after Date 1: Simultaneous planting of soybean with cover crop and Date 2: soybeans

Weedy: کشت خالص سویا در حضور علف‌های‌هرز و Weed free: کشت خالص سویا در شرایط وجین علف‌های هرز

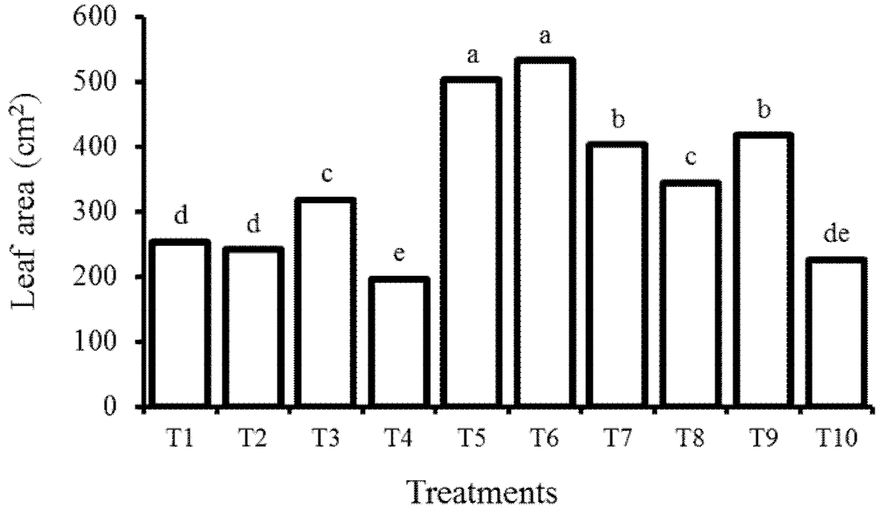
Weedy: Monoculture of soybean in weedy condition and Weed free: Monoculture of soybean in weed free condition

بارهای افقی در هر شکل نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

Horizontal bars in each shape shows standard error.

پس از مقایسه تیمارهای مختلف گیاهان پوششی به نظر می‌رسد کاشت گیاه ماشک در تاریخ کاشت دوم موجب حصول مشاهده بیشترین سطح برگ کل سویا (شکل 2)، کمترین ماده خشک علف‌های هرز (شکل 7) و همچنین کمترین شاخص سطح برگ ماشک (شکل 3) در این تیمار گشته است. حضور علف‌های هرز باعث کاهش شاخص سطح برگ نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز گردید (شکل 1). صفاهانی لنگرودی و همکاران (Safahani Langerodi et al., 2008) در بررسی رقابت ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) با

خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) گزارش کردند که کاهش سطح برگ در شرایط اختلاط خردل وحشی نسبت به شرایط کنترل آن به دلیل تأثیرگذاری و فشار رقابتی خردل وحشی بر ارقام کلزا می‌باشد.



شکل 2- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر سطح برگ کل سویا

Fig. 2- Effect of different treatments on total leaf area of soybeans

T_1، T_2، T_3 و T_4: به ترتیب تاریخ کاشت اول شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر، T_5، T_6، T_7 و T_8: به ترتیب تاریخ کاشت دوم شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر و T_9 و T_{10}: به ترتیب کاشت سویا بدون گیاه پوششی در شرایط با وجین و بدون وجین علف‌های هرز

T_1, T_2, T_3 and T_4: Simultaneous planting of soybean with fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea, T_5, T_6, T_7 and T_8: Planting of fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea and T_9 and T_{10}: Monoculture of soybeans in weedy, and weed free respectively.

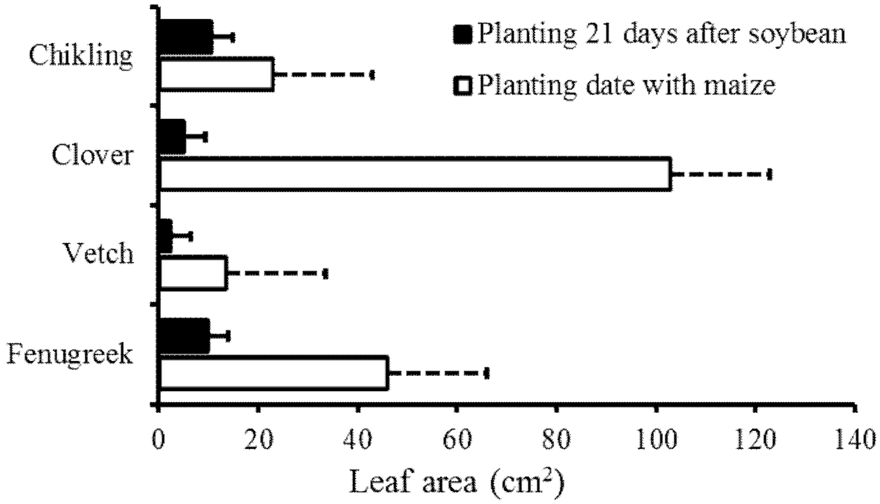
وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

Means within a same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's test.

در بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش بر سطح برگ کل سویا مشاهده گردید، بیشترین سطح برگ کل سویا در تیمار کاشت با تأخیر ماشک بوده که از لحاظ آماری با کاشت با تأخیر شنبلیله تفاوت معنی‌داری نداشته در حالی‌که کمترین سطح برگ کل سویا در تیمار کاشت همزمان سویا با خلر به دست آمده است (شکل 2). علت مشاهده بیشترین سطح برگ کل سویا در تیمار کاشت با تأخیر ماشک به نظر می‌رسد به دلیل کمترین ماده خشک علف‌های هرز (شکل 7) و همچنین به دلیل کمترین شاخص سطح برگ ماشک در این تیمار بوده (شکل 3) که موجب شده گیاه اصلی سویا بتواند از منابع استفاده کارآمدتری بنماید و شاخ و برگ خود را گسترش دهد در حالی‌که کمترین سطح برگ کل سویا در تیمار کاشت همزمان سویا با خلر به دست آمد (شکل 2) که می‌تواند به دلیل رقابت بر سر منابع با گیاه زراعی باشد.

گیاهان پوششی

بررسی تغییرات عمودی شاخص سطح برگ در لایه‌های مختلف اجتماع گیاهان پوششی در زمان بسته شدن کانوپی سویا نشان داد که گیاهان پوششی در کاشت با تأخیر به دلیل استقرار سریع‌تر بوته‌های سویا و علف‌های هرز و ایجاد فشار رقابتی آن‌ها از شاخص سطح برگ کمتری نسبت به کاشت همزمان برخوردار بودند (شکل 3). شبدر در کاشت همزمان با سویا بیشترین شاخص سطح برگ (102/77 سانتی‌متر مربع) را به خود اختصاص داد. کمترین شاخص سطح برگ در میان گیاهان پوششی مربوط به ماشک با شاخص سطح برگ 2/32 سانتی‌متر مربع در زمان کاشت 21 روز بعد از سویا بوده است (شکل 3).



شکل 3- تأثیر زمان کاشت بر سطح برگ کانوپی گیاهان پوششی
Fig. 3- Effect of sowing date on leaf area of cover crops canopy

علف‌های هرز

در حضور گیاهان پوششی بیشترین شاخص سطح برگ علف‌هرز چسبک در تیمار کاشت با تأخیر شبدر در لایه ابتدایی کانوپی به دست آمد. همچنین بالاترین شاخص سطح برگ دم‌روباهی در تیمار سویا بدون کنترل علف‌هرز در لایه ابتدایی کانوپی به دست آمد و بالاترین شاخص سطح برگ تاج‌خروس نیز در لایه میانی 40-20 سانتی‌متر در تیمار کاشت همزمان با سویا با شنبلیله حاصل گردید (جدول 2).

در خصوص سایر گونه‌های هرز مزرعه، تمرکز بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به تیمار سویا بدون کنترل علف‌هرز در لایه ابتدایی کانوپی بود. همه تیمارها به جز شنبلیله در کاشت همزمان با سویا در حضور سایر گونه‌های هرز مزرعه تمام سطح برگ خود را در یک لایه یعنی لایه ابتدایی کانوپی متمرکز نمودند (جدول 2).

در زمان عدم کاربرد گیاهان پوششی، تنها علف‌هرز چسبک توانست سطح برگ خود را تا لایه 40-20 سانتی‌متری گسترش دهد، هر چند بیشترین تمرکز سطح برگ چسبک مربوط به لایه 20-0 سانتی‌متری (75/71 درصد) بود (جدول 2)، در حالی‌که در این تیمار دم‌روباهی، تاج‌خروس و سایر علف‌های هرز 100 درصد تمام سطح برگ خود را در ابتدایی‌ترین لایه کانوپی (20-0 سانتی‌متر) مستقر نمودند (جدول 2).

به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین شاخص سطح برگ در اکثر علف‌های هرز در لایه ابتدایی کانوپی یعنی 20-0 سانتی‌متر به دست آمده است که به نظر می‌رسد به دلیل توانایی رقابتی بالا و سایه‌اندازی سویا به همراه گیاهان پوششی در رقابت با علف‌های هرز می‌باشد. بالاتر بودن مقدار و محل قرارگیری برگ و تجمع ماده خشک در کانوپی باعث افزایش دسترسی گیاه به نور و نهایتاً افزایش قدرت رقابتی گیاهان می‌شود (Moeching et al., 2003; Caton et al., 2001)؛ در حالی‌که تاج‌خروس از قابلیت رقابتی بالاتری نسبت به سایر علف‌های هرز برخوردار بوده و توانسته بیشترین شاخص سطح برگ را در لایه بالاتری نسبت به بقیه (40-20 سانتی‌متر) اختصاص دهد (جدول 2). برینارد و همکاران (Brainard et al., 2005) گزارش کردند که طول ویژه ساقه[1] (SSL) یا به عبارتی نسبت طول ساقه به وزن آن در تاج‌خروس (*Amaranthus powerllii* S.wats) با افزایش رقابت به خاطر کاهش کیفیت و کمیت نور بیشتر می‌شود.

در بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش بر سطح برگ مجموع علف‌های هرز مشاهده گردید بیشترین مجموع سطح برگ (290/4 سانتی‌متر مربع) در تیمار کاشت همزمان سویا با شنبلیله و کمترین مجموع سطح برگ (صفر سانتی‌متر مربع) در تیمار کاشت ماشک 21

1- Specific stem length

روز بعد از سویا به دست آمد (شکل 4).

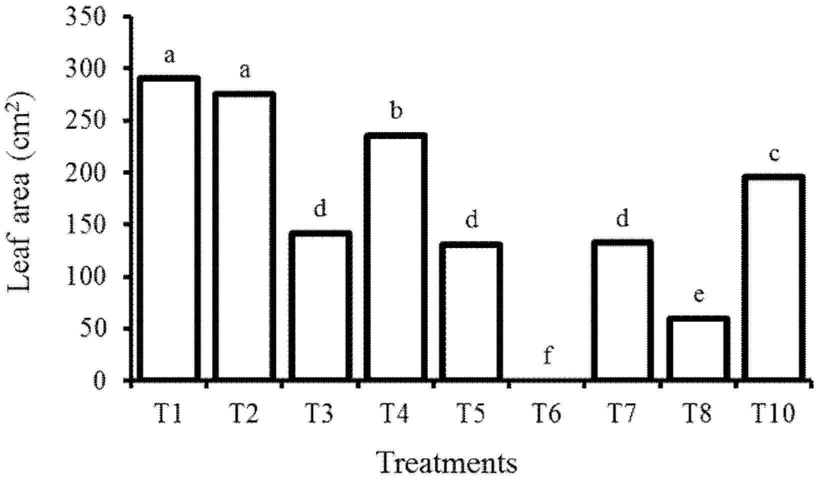
جدول 2- تأثیر تیمارهای آزمایش بر توزیع عمودی سطح برگ علف‌های هرز

Table 2- Effect of treatments on weed leaf area vertical distribution

علف هرز Weed	لایه کانوپی (سانتی‌متر) Canopy layer (cm)	کشت گیاهان پوششی همزمان با سویا Planting of cover crops simultaneous with soybean				کشت گیاهان پوششی 21 روز پس از سویا Planting of cover crops 21 dap of soybean				کشت خالص سویا Monoculture of soybean
		شنبلیله Fenugreek	ماشک Vetch	شبدر Clover	ماشک Chikling	شنبلیله Fenugreek	ماشک Vetch	شبدر Clover	خلر Chikling	
چسبک Green foxtail	0-20	0j*	49.6b	29.7de	57.3b	29.1de	0j	71.03a	8.45hi	5.3hij
	20-40	0j	31.6cd	17.8fg	7.32hij	38.1c	0j	22.6ef	0j	1.7ij
	40-60	0j	18.2fg	49.7b	0j	10.5bg	0j	0j	0j	0j
دم روباهی Foxtail grass	0-20	16.7b	14.8bc	12.3cde	11def	13.01cde	0h	10.8ef	11.3cdef	33.4a
	20-40	0h	0h	12.4cde	0h	14.5bcd	10.2ef	8.2fg	0h	0h
	40-60	0h	0h	0h	0h	0h	6.3g	0h	0h	0h
تاج خروس Red root pigweed	0-20	61.1c	47.6d	0h	72.2b	13.5g	0h	20.1efg	0h	16.4fg
	20-40	98.8a	64.2bc	0h	73.4b	0h	0h	0h	0h	0h
	40-60	28.8e	24.1ef	0h	0h	0h	0h	0h	0h	0h
سایر علف‌های هرز Other weeds	0-20	25.7d	13.1e	32cd	0f	10.4ef	0f	0f	40.1c	138.6a
	20-40	59.3b	0f	0f	0f	0f	0f	0f	0f	0f
مجموع Total		290.5a	275.6a	141.6d	235.8b	131.06d	0f	132.7d	59.9e	195.3c

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means within a same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's test.



شکل 4- تأثیر تیمارهای آزمایش بر سطح برگ مجموع علف‌های هرز

Fig. 4- Effect of different treatments on total leaf area of weeds

T_1، T_2، T_3 و T_4: به ترتیب تاریخ کاشت اول شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر، T_5، T_6، T_7 و T_8: به ترتیب تاریخ کاشت دوم شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر و T_9 و T_{10}: به ترتیب کاشت سویا بدون گیاه پوششی در شرایط با وجین و بدون وجین علف‌های هرز

T_1, T_2, T_3 and T_4: Simultaneous planting of soybean with fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea,T_5, T_6, T_7 and T_8: Planting of fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea and T_9 and T_{10}: Monoculture of soybeans in weedy, and weed free respectively.

وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

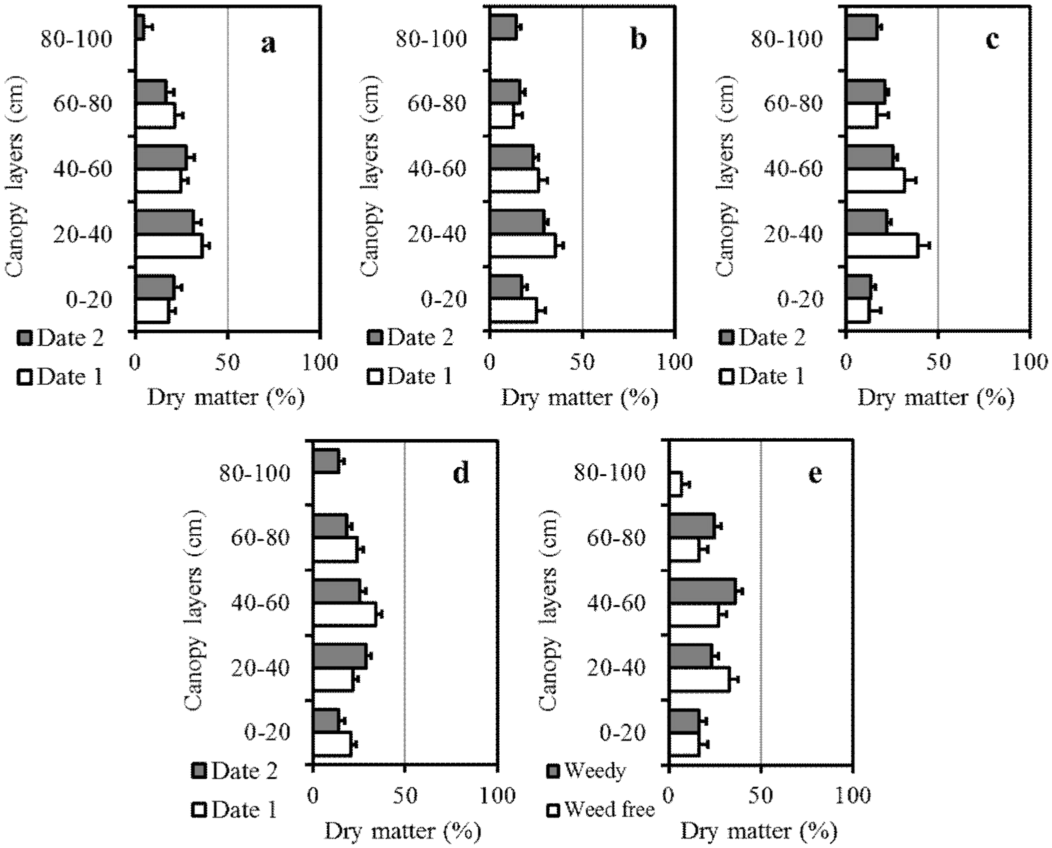
Means within a same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's test.

البته تیمار کاشت همزمان سویا با شنبلیله و ماشک از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در حالی‌که یوچینو و همکاران (Uchino et al., 2012) در مطالعه امکان سرکوب علف‌های هرز ذرت توسط گیاهان پوششی، بیشترین مجموع سطح برگ علف‌های هرز را در تیمارهای عدم کاربرد گیاهان پوششی گزارش کردند.

توزیع عمودی ماده خشک

سویا

در بررسی توزیع عمودی ماده خشک سویا در لایه‌های مختلف کانوپی مشاهده شد که بیشترین تمرکز ماده خشک سویا در شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز به ترتیب مربوط به لایه‌های 40-20 و 60-40 سانتی‌متر (32/97 درصد در شرایط کنترل و 36/05 درصد در شرایط عدم کنترل علف‌های هرز) بود. البته در شرایط کنترل به لحاظ آماری اختلافی میان لایه 40-20 و لایه 60-40 سانتی‌متری مشاهده نگردید (شکل 5).



شکل 5- درصد ماده خشک سویا در لایه‌های مختلف کانوپی در حضور شنبلیله (الف)، ماشک (ب)، شبدر (ج)، خلر (د) و کشت خالص سویا (هـ)
Fig. 5- Dry matter percentage of soybean in different layers of canopy in presence of fenugreek (a), winter veteh (b), Persian clover (c), chickling pea (d) and monoculture of soybeans (e)

Date 1: کاشت همزمان سویا با گیاه پوششی و Date 2: کاشت گیاه پوششی 21 روز پس از سویا

Date 1: Simultaneous planting of soybean with cover crop and Date 2: Cover crop planting three weeks after soybeans.

Weedy: کشت خالص سویا در حضور علف‌های هرز و Weed free: کشت خالص سویا در شرایط وجین علف‌های هرز

Weedy: Monoculture of soybean in weedy condition and Weed free: Monoculture of soybean in weed free condition

بارهای افقی در هر شکل نشان‌دهنده خطای استاندارد است.

Horizontal bars in each shape shows standard error.

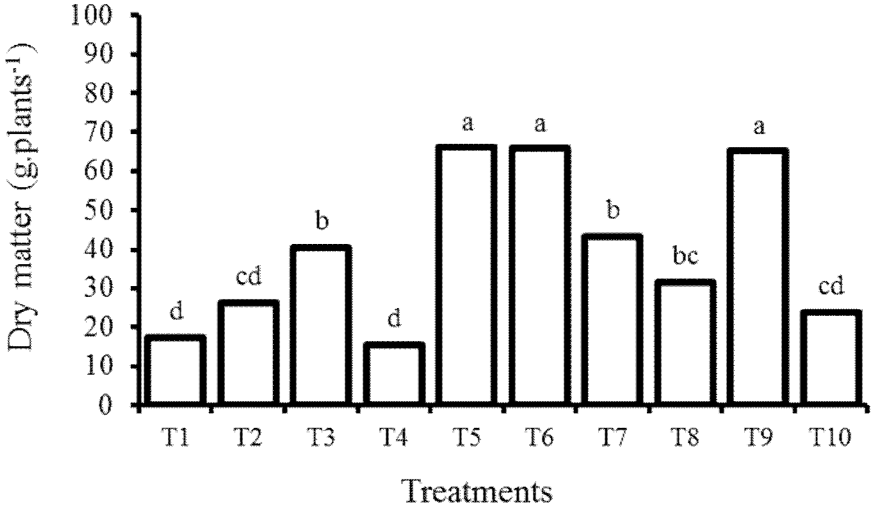
بیشترین ماده خشک سویا در حضور شنبلیله به عنوان گیاه پوششی در هر دو زمان کاربرد مربوط به لایه 40-20 سانتی‌متری کانوپی بود. کاشت همزمان و با تأخیر شنبلیله به ترتیب باعث اختصاص 35/98 و 31/11 درصد از ماده خشک سویا به این لایه شدند. کاشت شنبلیله به عنوان گیاه پوششی در میان ردیف‌های سویا در هر دو تاریخ کاشت باعث افزایش سهم ماده خشک در لایه 40-20 سانتی‌متر شد و از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری بین این لایه و لایه 60-40 سانتی‌متر مشاهده نگردید (شکل 5).

بیشترین ماده خشک سویا در حضور ماشک به عنوان گیاه پوششی در هر دو تاریخ کاشت نیز مربوط به لایه 40-20 سانتی‌متری کانوپی بود، به طوری‌که کاشت همزمان و کاشت با تأخیر ماشک به ترتیب باعث اختصاص 35/25 و 29 درصد از ماده خشک سویا به این لایه شدند (شکل 5).

بیشترین ماده خشک سویا در حضور شبدر به عنوان گیاه پوششی در کاشت همزمان مربوط به لایه 40-20 سانتی‌متری کانوپی و در کاشت با تأخیر در لایه 60-40 سانتی‌متری بود (شکل 5). کاشت همزمان باعث اختصاص 39/04 درصد و کاشت با تأخیر شبدر 25/73 درصد از ماده خشک سویا به این لایه‌ها شدند (شکل 5).

بیشترین ماده خشک سویا در حضور خلر به عنوان گیاه پوششی در کاشت همزمان مربوط به لایه 60-40 سانتی‌متری کانوپی و در کاشت با تأخیر در لایه 40-20 سانتی‌متری بود. کاشت همزمان خلر باعث اختصاص 34/10 درصد و کاشت با تأخیر آن موجب اختصاص 28/66 درصد از ماده خشک سویا به این لایه شدند (شکل 5).

به طور کلی بر اساس نتایج به دست آمده بیشترین تجمع ماده خشک سویا در 70% تیمارها در لایه‌های پایینی کانوپی (40-20 سانتی‌متر) متمرکز شد. احمدوند و همکاران (Ahmadvand et al., 2006) در بررسی رقابت گندم (*Triticum aestivum* L.) و یولاف (*Avena fatua* L.) گزارش کردند که در آغاز بسته شدن کانوپی سهم ماده خشک گندم از پایین به بالای کانوپی کاسته شد، در حالی‌که حداکثر تمرکز ماده خشک یولاف مربوط به لایه‌های میانی آن بود.



شکل 6- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر ماده خشک کل سویا

Fig. 6- Effect of different treatments on total dry matter of soybeans

T_1، T_2، T_3 و T_4: به ترتیب تاریخ کاشت اول شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر، T_5، T_6، T_7 و T_8: به ترتیب تاریخ کاشت دوم شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر و T_9 و T_{10}: به ترتیب کاشت سویا بدون گیاه پوششی در شرایط بدون وجین و وجین علف‌های هرز

T_1, T_2, T_3 and T_4: Simultaneous planting of soybean with fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea, T_5, T_6, T_7 and T_8: Planting of fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea and T_9 and T_{10}: Monoculture of soybeans in weedy, and weed free respectively.

وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

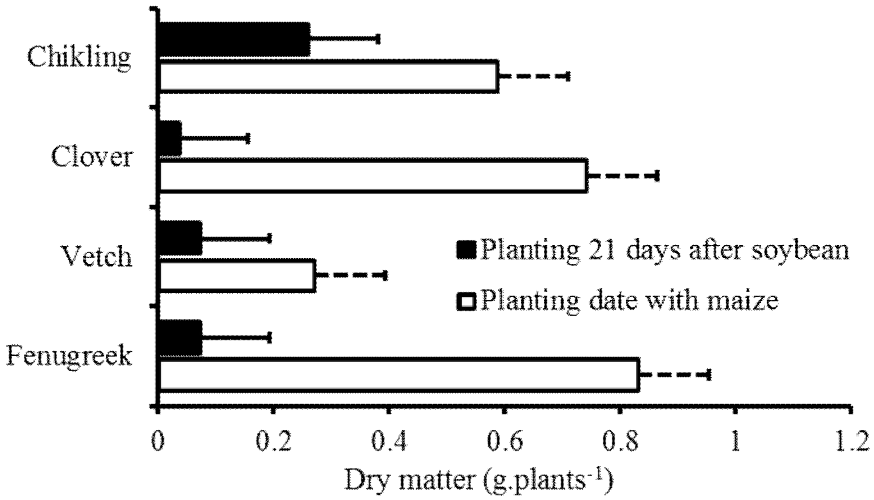
Means within a same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's test.

در تمامی تیمارها کاشت با تأخیر گیاهان پوششی موجب افزایش ماده خشک سویا نسبت به کاشت همزمان آن گردید. همچنین حضور علف‌های هرز باعث کاهش ماده خشک نسبت به شرایط کنترل علف‌های هرز گردید.

در بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش روی ماده خشک کل سویا مشاهده گردید بیشترین ماده خشک کل سویا در تیمار کاشت با تأخیر شنبلیله می‌باشد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کشت با تأخیر ماشک و سویای با وجین نداشته است و کمترین ماده خشک کل در تیمار کاشت همزمان خلر به دست آمده است که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کشت همزمان شنبلیله نداشته است (شکل 6).

گیاهان پوششی

بررسی تغییرات عمودی ماده خشک در لایه‌های مختلف اجتماع گیاهان پوششی در زمان بسته شدن کانوپی سویا نشان داد که گیاهان پوششی در کاشت با تأخیر از ماده خشک کمتری نسبت به کاشت همزمان برخوردار بودند (شکل 7). به عقیده اسپیترز و واندینبرگ (Spitters & Vandenberg, 1982) گونه‌ای که زودتر سبز شده و یا سرعت بیشتری داشته باشد، در واحد زمان سهم بیشتری از این فضا را به خود اختصاص داده و شاخه و برگ خود را زودتر توسعه می‌دهد. در میان گیاهان پوششی، شنبلیله در کاشت همزمان با سویا بیشترین ماده خشک را به میزان 0/83 گرم بر بوته به خود اختصاص داد. کمترین ماده خشک در میان گیاهان پوششی مربوط به شبدر به میزان 0/03 گرم بر بوته در زمان کاشت 21 روز بعد از سویا بوده است (شکل 7).



شکل 7- تأثیر زمان کاشت بر ماده خشک کانوپی گیاهان پوششی

Fig. 7- Effect of sowing date on dry matter of cover crops canopy

علف‌های هرز

در حضور گیاهان پوششی بیشترین ماده خشک علف‌هرز چسبک در تیمار خلر در کاشت همزمان با سویا در لایه ابتدایی کانوپی به دست آمد (جدول 3). همچنین تمرکز بیشترین ماده خشک دم‌روباهی و سایر علف‌های هرز نیز مربوط به تیمار سویا بدون کنترل علف‌هرز در لایه ابتدایی کانوپی بود (جدول 3) و بالاترین ماده خشک تاج-خروس نیز در لایه ابتدایی کانوپی در تیمار کاشت همزمان شنبلیله با سویا حاصل گردید (جدول 3).

در زمان عدم کاربرد گیاهان پوششی بیشترین تمرکز ماده خشک چسبک (78/37 درصد) و دم‌روباهی (62/30 درصد) مربوط به لایه 20-0 سانتی‌متری بود (جدول 3). تاج‌خروس و سایر علف‌های هرز نیز 100 درصد سطح برگ خود را در این لایه از کانوپی مستقر نمودند (جدول 3).

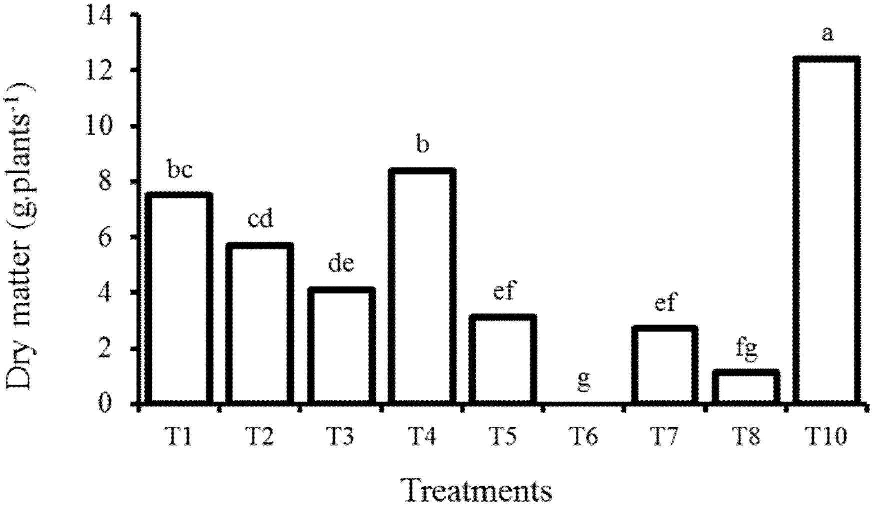
جدول 3- تأثیر تیمارهای آزمایش بر توزیع عمودی ماده خشک علف‌های هرز

Table 3- Effect of treatments on weed dry matter vertical distribution

علف هرز Weed	لایه کانوپی (سانتی‌متر) Canopy layer (cm)	کاشت گیاهان پوششی همزمان با سویا Planting of cover crops simultaneous with soybean				کاشت گیاهان پوششی 21 روز پس از سویا Planting of cover crops 21 dap of soybean				کشت خالص سویا Monoculture of soybean
		شنبلیله Fenugreek	ماشک Vetch	شبدر Clover	خلر Chikling	شنبلیله Fenugreek	ماشک Vetch	شبدر Clover	خلر Chikling	
چسبک green foxtail	0-20	0^{h*}	0.95^{d}	0.59^{e}	2.81^{a}	1.2^{c}	0^{h}	1.46^{b}	0.26^{g}	0.25^{g}
	20-40	0^{h}	0.25^{g}	0.49^{f}	0.27^{g}	0.53^{ef}	0^{h}	0.24^{g}	0^{h}	0.08^{h}
	40-60	0^{h}	0.2^{g}	0.24^{g}	0^{h}	0.48^{f}	0^{h}	0^{h}	0^{h}	0^{h}
دم روباهی Foxtail grass	0-20	0.49^{c}	0.29^{efg}	0.32^{de}	0.31^{def}	0.17^{h}	0^{i}	0.3^{defg}	0.21^{fgh}	2^{a}
	20-40	0^{i}	0.24^{efgh}	0^{i}	0.4^{cd}	0.21^{fgh}	0^{i}	0.2^{gh}	0^{i}	1.21^{b}
	40-60	0^{i}	0.26^{efgh}	0^{i}	0^{i}	0.2^{gh}	0^{i}	0^{i}	0^{i}	0^{i}
تاج خروس Red root pigweed	0-20	3^{a}	1.52^{c}	0^{g}	2.54^{b}	0.2^{fg}	0^{g}	0.51^{ef}	0^{g}	0.51^{c}
	20-40	1.76^{c}	0.93^{d}	1.9^{c}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}
	40-60	0.9^{de}	0.8^{de}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}	0^{g}
سایر علف‌های هرز Other weeds	0-20	0.55^{c}	0.23^{c}	2.5^{b}	0^{c}	0.11^{c}	0^{c}	0^{c}	0.65^{c}	8.31^{a}
	20-40	0.79^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}	0^{c}
مجموع Total		7.5^{bc}	5.7^{cd}	4.1^{de}	8.4^{b}	3.1^{ef}	0^{g}	2.7^{ef}	1.1^{fg}	12.4^{a}

* میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح پنج درصد بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

* Means within a same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's test.



شکل 8- تأثیر تیمارهای آزمایش بر ماده خشک مجموع علف‌های هرز

Fig. 8- Effect of different treatments on total dry matter of weeds

T_1، T_2، T_3 و T_4: به ترتیب تاریخ کاشت اول شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر، T_5، T_6، T_7 و T_8: به ترتیب تاریخ کاشت دوم شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر و T_9 و T_{10}: به ترتیب کاشت سویا بدون گیاه پوششی در شرایط با وجین و بدون وجین علف‌های هرز

T_1, T_2, T_3 and T_4: Simultaneous planting of soybean with fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea,T_5, T_6, T_7 and T_8: Planting of fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea and T_9 and T_{10}: Monoculture of soybeans in weedy, and weed free respectively.

وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون دانکن است.

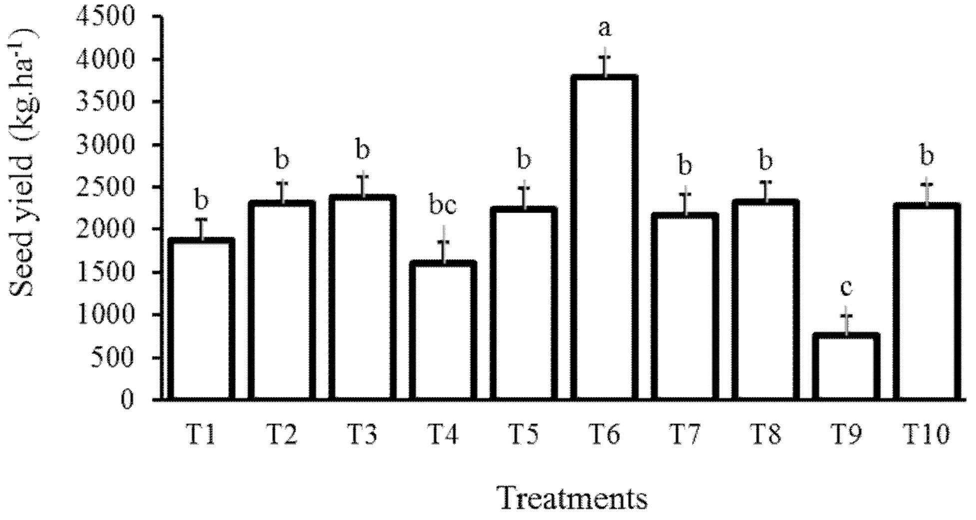
Means within a same letters are not significantly different at α=0.05 based on Duncan's test.

در بررسی تأثیر تیمارهای آزمایش بر مجموع ماده خشک علف‌های هرز مشاهده گردید بیشترین ماده خشک مجموع علف‌هرز در تیمار کاشت سویای بدون وجین (12/4 گرم بر بوته) می‌باشد و کمترین ماده خشک کل در تیمار کاشت با تأخیر ماشک (صفر گرم بر بوته) به دست آمد که به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کشت تأخیری خلر نداشت (شکل 8). یوچینو و همکاران (Uchino et al., 2009) در بررسی امکان کنترل علف‌های هرز ذرت و سویا توسط گیاهان پوششی اظهار داشتند که با افزایش سطح پوشش خاک توسط ذرت، سویا و گیاهان پوششی از میزان ماده خشک علف‌های هرز کاسته می‌شود.

عملکرد اقتصادی

عدم وجین علف‌های هرز در مقایسه با شرایط وجین علف‌های هرز در کاشت خالص سویا باعث کاهش 67 درصدی عملکرد دانه سویا گردید، به طوری‌که در میان تیمارهای آزمایش کمترین عملکرد دانه سویا در تیمار شاهد بدون وجین (749/4 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل 9). در کانوپی‌های مخلوط علف‌هرز-گیاه زراعی، مقدار نور جذب شده توسط علف‌هرز رقیب، در رشد و عملکرد گیاه زراعی نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. زیرا بر اثر سایه‌اندازی یک بوته روی بوته مجاور، شدت نور تغییر می‌کند. کاهش در شدت نور، رشد گیاه مغلوب را کاهش می‌دهد (Rao, 2006).

در بین گیاهان پوششی کمترین عملکرد سویا مربوط به کاشت خلر در تاریخ کاشت اول (1610/6 کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد که از لحاظ آماری با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشته است (شکل 7). به نظر می‌رسد این کاهش عملکرد به دلیل همزمانی کشت با گیاه سویا و رشد سریع خلر در اوایل دوره رشد و رقابت برای رطوبت، نور و عناصر غذایی مربوط باشد. این نتایج با نتایج آته و دول (Ateh & Doll, 1996) و دهان و همکاران (DeHaan et al., 1994) که بیان داشتند کاشت گیاهان پوششی در مواقعی که رشد زیادی داشته باشد باعث رقابت مستقیم و کاهش رشد گیاه اصلی می‌گردد، مطابقت دارد.



شکل 9- عملکرد دانه سویا تحت تأثیر کاربرد و عدم کاربرد گیاهان پوششی

Fig. 9- Effect of cover crops on soybean yield

T_1، T_2، T_3 و T_4: به ترتیب تاریخ کاشت اول شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر، T_5، T_6، T_7 و T_8: به ترتیب تاریخ کاشت دوم شنبلیله، ماشک، شبدر و خلر، T_9 و T_{10}: به ترتیب کاشت سویا بدون گیاه پوششی در شرایط بدون وجین و وجین علف‌های هرز

T_1, T_2, T_3 and T_4: Simultaneous planting of soybean with fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea,T_5, T_6, T_7 and T_8: Planting of fenugreek, winter veteh, Persian clover and chickling pea and T_9 and T_{10}: Monoculture of soybeans in weedy, and weed free respectively.

وجود حداقل یک حرف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار است.

Means within a same letters are not significantly different at $\alpha=0.05$ based on LSD test.

بیشترین عملکرد دانه سویا (3792/6 کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار کاشت ماشک در تاریخ کاشت دوم می‌باشد (شکل 9) که با توجه به مشاهده کمترین شاخص سطح برگ و ماده خشک علف‌های هرز در کاشت با تأخیر ماشک (شکل‌های 4 و 8)، افزایش عملکرد سویا در این تیمار دور از انتظار نبود. افزایش عملکرد گیاه زراعی در حضور گیاهان پوششی توسط برخی از محققان گزارش شده است (Campigila et al., 2010; Ramroudi et al., 2010) این گیاهان می‌تواند از طریق مکانیسم‌های رقابت و آللوپاتی باعث کاهش رشد و یا رویش علف‌های هرز گردند. یوچینو و همکاران (Uchino et al., 2009) بیان داشتند که کاشت گیاهان پوششی 21 روز پس از کاشت گیاهان اصلی، باعث افزایش 29 درصدی عملکرد سویا و 68 درصدی عملکرد ذرت می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این بررسی بیانگر این بود که در اکثر موارد بیشترین شاخص سطح برگ و همچنین تجمع ماده خشک علف‌های هرز در لایه ابتدایی کانوپی (20-0 سانتی‌متر) به دست آمده است که به نظر می‌رسد به دلیل توانایی رقابتی بالا و سایه‌اندازی سویا و گیاهان پوششی در رقابت با علف‌های هرز می‌باشد. حداکثر میزان شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک سویا در لایه‌های مختلف کانوپی بسته به نوع گیاه پوششی و زمان کاشت آن متفاوت بوده است. بررسی تغییرات عمودی شاخص سطح برگ و ماده خشک در لایه‌های مختلف اجتماع گیاهان پوششی نشان داد که گیاهان پوششی در کاشت با تأخیر از شاخص سطح برگ و ماده خشک کمتری نسبت به کاشت همزمان برخوردار بوده‌اند. در تیمار کاشت ماشک 21 روز بعد از کاشت سویا کمترین مجموع سطح برگ (صفر سانتی‌متر مربع) و کمترین ماده خشک کل علف‌هرز (صفر گرم بر بوته) به دست آمد، همچنین کاشت با تأخیر ماشک موجب تولید بیشترین عملکرد دانه سویا (3792/6 کیلوگرم در هکتار) در شرایط حضور علف‌هرز شد که بیشترین توانایی سرکوب‌کنندگی رشد علف‌های هرز را نسبت به سایر گیاهان پوششی داشته است. این گیاه می‌تواند از طریق مکانیسم‌های رقابت و آللوپاتی باعث کاهش رشد و یا رویش علف‌های هرز گردد. بنابراین می‌توان از این گیاه پوششی جهت کنترل علف‌های هرز سویا بدون استفاده از نهاده‌های شیمیایی استفاده کرد.

منابع

Abdali Mashhadi, A. 1999. Intercropping, effect of sustainable agriculture (part one). Zeitun Journal 137:13-17 (In Persian)

Abdin, O.A., Zhou, X.M., Cloutier, D., Coulman, D.C., Faris, M.A., and Smith, D.L. 2000. Cover crops and interrow tillage for weed control in short season maize (*Zea mays*). European Journal of Agronomy 12: 93-102.

Ahmadvand, G., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2006. Effect of light competition and nitrogen fertilizer on canopy structure of wheat and wild oat. Journal of Agricultural Science and Environmental Resources 12(6): 100-112. (In Persian with English Summary)

Ateh, C.M., and Doll, J.D. 1996. Spring-planted winter rye (*Secale cereale*) as a living mulch to control weed in soybean (*Glycine max*). Weed Technology 10: 347- 353.

Banman, D.T. 2001. Competitive suppression of weeds in a leek-celery intercropping system. PhD thesis. Wageningen Agricultural University. The Netherlands.

Brainard, D.C., Bellinder, R.R., and Ditommaso, A. 2005. Effects of canopy shade on the morphology, phenology, and seed characteristics of Powell amaranth (*Amaranthus powellii*). Weed Science 53: 175-186.

Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Caporali, F. 2010. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Crop Production 29: 354-363.

Caton, B.P., Mortimer, A.M., Foin, T.C., Hill, J.E., Gibson, K.D., and Fischerà, A.J. 2001. Weed shoot morphology effects on competitiveness for light in direct-seeded rice. Weed Research 41: 155-163.

Cavero, J., Zaragoza, C., Bastiaans, L., Suso, M.L., and Pardo, A. 2000. The relevance of morphological plasticity in the simulation of competition between maize and *Datura stramonium*. Weed Research 40: 146-180.

DeHaan, R.L., Wyse, D.L., Ehlke, N.J., Maxwell, B.D., and Putnam, D.H. 1994. Simulation of spring- seeded smother plants for weed control in corn (*Zea mays*). Weed Science 42: 35-43.

Dadashi, F. 2013. Soybean and wheat cover crops affects on weed control of corn under different fertilizer sources. MSc thesis. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Iran. (In Persian with English Summary)

Ghafari, M., Ahmadvand, G., Ardakani, M.R., Nadali, I., and Elahipanah, F. 2011. Effect of cover crops of rye, barley and rapeseed in two planting density on biomass, density and biodiversity of winter weeds. Journal of Crop Ecophysiology 3(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Haj Seyed Hadi, M., Nour Mohammadi, G., Nassiri Mahallati, M., Rahimiyan, H., and Zand, E. 2007. Vertical distribution of dry matter and leaf area of potato in competition with weeds. Agricultural New Results 1(4): 293-307. (In Persian with English Summary)

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

Hollander, N.G., Bastiaans, L., and Kropff, M.J. 2007. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design, I. Characteristics of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 92-103.

Moechnig, M.J., Boerboom, C.M., Stoltenberg, D.E., and Binning, L.K. 2003. Growth interactions in communities of common lambsquarters (*Chenopodium album*), giant foxtail (*Setari faberi*) and corn. Weed Science 51: 363-370.

Mosier, D.G., and Oliver, L.R. 1995. Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and entireleaf morning glory (*Ipomoea hederacea* var. integriuscula) interference on soybeans (*Glycin max*). Weed Science 43: 239-246.

Ngouajio, M., Giffen, M.E., and Hutchinson, C.M. 2003. Effect of cover crop and management system on weed population in lettuce. Crop Protection 22: 57-64.

Rajcan, I., AghaAlikhani, M., Swanton, C.J., and Tollenaar, M. 2002. Development of redroot pigweed is influenced by light spectral quality and quantity. Crop Science 42: 1930-1936.

Rajcan, I., and Swanton, C.I. 2001. Understanding maize-weed competition: Resource competition, light quality and whole plant. Field Crop Research 71: 139-150.

Ramroudi, M., Mazaheri, D., Majnoun Hoseini, N., Hoseinzadeh, A., and Hoseini, S.M.B. 2010. Effect of cover crops, tillage systems and nitrogen fertilizer on yield of sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Iranian Journal of Crop Science 41(4): 763-769. (In Persian with English Summary)

Rao, V.S. 2006. Principles of weed science. Science Publication, USA. 555 pp.

Safahani Langerodi, A., Aynehband, A., Zand, E., Nour-Mohammadi, G., Baghestani, M.A., and Kamkar, B. 2008. Evaluation of competitive ability in some canola (*Brassica napus*) cultivars with wild mustard (*Sinapis arvensis*) and relationship with canopy structure. Journal of Agriculture Science and Natural Resources 15(2): 86-98. (In Persian with English Summary)

Sanjani, S., Bagher Hosseini, S.M.B., Chaichi, M.R., and Rezvan Beidokhti, S.H. 2006. Effect of additive intercropping sorghum: Cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Journal of Field Crop Research 7(1): 85-95. (In Persian with English Summary)

Schittenhelm, S., Sourell, H., and Lopmeier, F.J. 2006. Drought resistance of potato cultivars with contrastingcanopy architecture. European Journal of Agronomy 24: 193-202.

Spitters, C.J.T., and Vandenberg, J.P. 1982. Competition Between Crop and Weeds: A system approach. In: Holzner, W. and N. (Eds.), Numata Biology and Ecology of Weeds Dr. W. Junk Publication, The hague.

Tackenberg, O. 2007. A new method for nondestructive Tsuda, M. 1999. Errors in leaf area measurement with an automatic area meter due to leaf chlorophyll in crop plants. Annals of Botany 84: 799-801.

Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Ichiyama, K., Sugiura, E., Yudate, T., Nakamura, S., and Gopal, J. 2012. Effect of interseeding cover crops and fertilization on weed suppression organic and rotational cropping system, 1. Stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and soybean. Field Crop Research 127: 9-16.

Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Yudate, T., and Nakamura, S. 2009. Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. Field Crops Research 113: 342-351.

Valentinuz, O.R., and Tolennar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. Agronomy Journal 98: 94-99.

Vazin, F., Madani, A., and Hassanzadeh, M. 2010. Modeling light interception and distribution in mixed canopy of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) in competition with corn (*Zean mays*). Notulae Botanicae Horticulture Agrobotanici Cluj-Napoca 38(3): 128-134.

White, H.D., and Mc Cain, K.W. 1989. Bibliometrics. Annual Review of Information Science and Technology 24: 119-186.

Zaefarian, F. 2009. Ecophysiological response of corn and soybean intercropping to simultaneous competition of red root pig weed and jimson weed. PhD dissertation. Tarbiat Modarres University, Iran. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 417-434

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 434-417

Effect of Cover Crops on Vertical Distribution of Leaf Area and Dry Matter of Soybean (*Glycine max* L.) in Competition with Weeds

S.S. Hashemi[1], F. Zaefarian[2*], E. Farahmandfar[2] and M. Bagheri Shirvan[3]

Submitted: 29-12-2014
Accepted: 09-01-2016

Hashemi, S.S., Zaefarian, F., Farahmandfar, E., and Bagheri Shirvan, M. 2016. Effect of cover crops on vertical distribution of leaf area and dry matter of soybean (*Glycine max* L.) in competition with weeds. Journal of Agroecology 8(3): 417-434.

Introduction

Amount and vertical distribution of leaf area are essential for estimating interception and utilization of solar radiation of crop canopies and, consequently dry matter accumulation (Valentinuz & Tollenaar, 2006). Vertical distribution of leaf area is leaf areas per horizontal layers, based on height (Boedhram et al., 2001). Above-ground biomass is one of the central traits in functional plant ecology and growth analysis. It is a key parameter in many allometric relationships (Niklas & Enquist, 2002). The vertical biomass distribution is considered to be the main determinant of competitive strength in plant species. The presence of weeds intensifies competition for light, with the effect being determined by plant height, position of the branches, and location of the maximum leaf area. So, this experiment was conducted to study the vertical distribution of leaf area and dry matter of soybean canopy in competition with weeds and cover crops.

Materials and methods

This experiment was performed based on complete randomized block design with 3 replications in center of Agriculture of Joybar in 2013. Soybean was considered as main crop and soybean and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.), fenugreek (*Trigonella foenum–graecum* L.), chickling pea (*Lathyrus sativus* L.) and winter vetch (*Vicia sativa* L.) were the cover crops. Treatments were included cover crops (Persian clover, fenugreek, chickling pea and winter vetch) aDid you mean:

nd cover crop planting times (simultaneous planting of soybean with cover crops and planting cover crops three weeks after planting of soybeans) and also monoculture of soybeans both in weedy and weed free conditions were considered as controls. Soybean planted in 50 cm row spacing with 5 cm between plants in the same row. Each plot was included 5 rows soybeans. Cover crop inter-seeded simultaneously in the main crop. Crops were planted on 19 May 2013 for simultaneous planting of soybean. The dominant weed species were green foxtail (*Setaria viridis* L.), foxtail grass (*Alopecurus myosuroides* Huds), and red root pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in the experimental field. The other weed was considered as the others. At the soybean canopy closure stage, a vertical card board frame marked in 20-cm increments was used in the field as a guide to cut standing plants including soybean, cover crops and weeds. In each vertical layer of canopy, leaves and stem samples were separated. The leaf area both crops and weeds were measured with a leaf area meter LICOR-3000A (LI-COR, Lincoln, NE, USA). Stem and leaf samples oven dried.

Results and discussion

The results showed that the maximum leaf area and dry matter of soybean was varied in different layers of canopy depending on the type of cover crop and cover crop planting time, while delaying in planting of cover crop causes lower leaf area and dry matter than the plants were planted at the same time with soybean. In most cases, the maximum leaf area index and dry matter accumulation of weeds were obtained in primary layer (0-20 cm). The maximum weed leaf area (290.4 cm^2) was observed in simultaneous planting of soybean with fenugreek and maximum of total weed dry matter (12.4 $g.plant^{-1}$) was observed in soybean without weeding, while the minimum of weed total leaf area and total weed dry matter (0 cm^2 and 0 $g.plant^{-1}$, respectively) was achieved in planting of winter vetch after 21 days of soybean planting. Also delayed planting of winter vetch

---

1, 2 and 3- MSc Student of Agronomy, Assistant Professor of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran and PhD Student in Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: fa_zaefarian@yahoo.com)

produced the maximum grain yield (3792.6 $kg.ha^{-1}$) of soybean in weedy plots, where it had the greatest weed suppressive ability than other cover crops.

Conclusion

Winter vetch can suppress weed with competition and allelopathic mechanism, so we can conclude that winter vetch planting21 days after soybean planting is suitable replacement for weed suppression in sustainable agriculture.

Keywords: Canopy structure, Chickling pea, Persian clover, Winter vetch

References

Boedhram, N., Arkebauer, T.J., and Batchelor, W.D. 2001. Season-long characterization of vertical distribution of leaf area in corn. Agronomy Journal 93: 1235-1242.

Niklas, K.J., and Enquist, B.J. 2002. On the vegetative biomass partitioning of seed plant leaves, stems, and roots. American Naturalist 159: 482-497.

Valentinuz, O.R., and Tollenaar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. Agronomy Journal 98: 94-99.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 435-451

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 451-435

اثرات تاریخ کاشت، زمان آبیاری و کاربرد گیاهان پوششی بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativa* L.)

علیرضا کوچکی[1]، پرویز رضوانی مقدم[1*] و حمیدرضا فلاحی[2]

تاریخ دریافت: 1390/03/08
تاریخ پذیرش: 1391/10/16

کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، و فلاحی، ح.ر. 1395. اثرات تاریخ کاشت، زمان آبیاری و کاربرد گیاهان پوششی بر رشد و عملکرد زعفران (*Crocus sativa* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3): 451-435.

چکیده

به منظور بررسی اثرات زمان‌های کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه و نیز مدیریت آبیاری و استفاده از گیاهان پوششی، بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه دارویی زعفران (*Crocus sativa* L.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال‌های زراعی 89-1388 و 90-1389، به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: تاریخ کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه زعفران به عنوان فاکتور اصلی (اول خرداد ماه، اول مرداد ماه و اول مهر ماه)، مدیریت آبیاری به عنوان فاکتور فرعی (انجام آبیاری و عدم انجام آبیاری پس از هر تاریخ کاشت) و کاربرد گیاهان همراه در سال دوم آزمایش به عنوان فاکتور فرعی فرعی [شبدر ایرانی (*Trifolium resopinatum* L.)، خلر (*Lathyrus sativus* L.) و شاهد]. نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت بنه‌ها از اول خرداد به اول مهر، شاخص‌های کمی زعفران به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد و شدت کاهش در سال دوم آزمایش به مراتب بیشتر بود. بیشترین عملکرد گل در تاریخ کاشت مرداد ماه (به ترتیب 28 و 98 کیلوگرم در هکتار برای سال‌های اول و دوم آزمایش) و کمترین آن در تاریخ کاشت مهر ماه (به ترتیب 18 و 34 کیلوگرم در هکتار برای سال‌های اول و دوم آزمایش) به دست آمد. کاشت زعفران در تاریخ اول مرداد ماه موجب بهبود سرعت گل‌دهی و کاهش نسبی سرعت ظهور برگ گردید. عدم آبیاری پس از کاشت باعث افزایش شاخص‌های کمی زعفران شد؛ به طوری‌که عملکرد گل در تیمار انجام آبیاری پس از کاشت در سال اول نه و در سال دوم 43 کیلوگرم در هکتار و برای تیمار عدم انجام آبیاری در سال‌های اول و دوم به ترتیب 37 و 78 کیلوگرم در هکتار بود. بیشترین تعداد گل در هکتار (480000 گل در هکتار) و نیز بیشترین درصد بنه‌های گل‌دهنده (100 درصد) در سال دوم آزمایش و در تیمار تاریخ کاشت خرداد ماه و عدم انجام آبیاری پس از کاشت به دست آمد. کاربرد گیاهان پوششی به خصوص خلر تا حدودی باعث بهبود ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران گردید؛ به طوری‌که استفاده از این گیاه پوششی، عملکرد گل و کلاله را در مقایسه با شاهد حدود دو درصد افزایش داد. همچنین بیشترین سرعت گل‌دهی و کمترین سرعت ظهور برگ در تیمارهای تاریخ کاشت خرداد ماه، عدم انجام آبیاری پس از کاشت و کاربرد گیاه پوششی خلر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بنه، خلر، سرعت گل‌دهی، شبدر ایرانی، گیاهان دارویی

مقدمه

زعفران با نام علمی *Crocus sativus* L.، گران‌ترین ادویه جهان بوده و دارای کاربردهای دارویی و غذایی متعددی می‌باشد (Hosseinzadeh & Sadeghnia, 2005; Zougagh et al., 2006; Kumar, 2009; Siracusa et al., 2010; Maggi et al., 2010). ایران با تولید سالیانه حدود 200 تن کلاله خشک از سطحی بیش از 60 هزار هکتار به عنوان مهم‌ترین تولید کننده آن شناخته می‌شود، با این وجود میزان عملکرد در واحد سطح در ایران در

1 و 2- به ترتیب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: Rezvani@um.ac.ir)

مقایسه با کشورهایی مانند اسپانیا، ایتالیا و برخی کشورهای دیگر اروپایی به مراتب کمتر می‌باشد (Amirshekari et al., 2006; Koocheki et al., 2009; Juan et al., 2009; Mohammad-Abadi et al., 2011).

زعفران گیاهی است که در ساختار کانوپی آن در بخشی از سال امکانات نور و فضا بدون استفاده می‌باشد؛ ساختار ریشه‌ها و بنه‌های آن نیز باعث شده که فقط از خاک سطحی، آب و عناصر غذایی جذب شود (Farhoodi, 2003). از این‌رو، استفاده از سیستم‌های مناسب کشت مخلوط و گیاهان پوششی در استفاده بهینه از این امکانات می‌تواند مفید باشد. در برخی گزارش‌ها ذکر شده است که در سال‌های اولیه که زعفران فضای محدودی را در بر گرفته است، استفاده از گیاهانی مانند زیره‌سیاه (*Bonium persicum* L.) می‌تواند در پر کردن فضاهای خالی و کنترل علف‌های هرز و نیز افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها مؤثر واقع شود (Khosravi, 2005). نتایج کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) نشان داد که کاشت برخی گیاهان دارویی بهاره در مزرعه زعفران می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. از سویی دیگر، به طور کلی کاربرد گیاهان پوششی می‌تواند باعث بهبود باروری خاک، تعدیل عواملی مانند دما و رطوبت، فراهمی و حفظ عناصری مانند نیتروژن و بهبود ساختار فیزیکی و بیولوژیکی خاک و در نهایت افزایش عملکرد محصولات زراعی گردد (Calkins & Swanson, 1995; Pullaro et al., 2006; Sainju et al., 2006a,b). از این رو به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان پوششی مناسب در مزرعه زعفران می‌تواند ضمن افزایش کارایی استفاده از نهاده‌ها، اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد این گیاه دارویی داشته باشد.

از عوامل مهم دیگری که بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران اثرگذار است تعیین تاریخ کاشت مناسب می‌باشد (Koocheki et al., 2010). برخی مطالعات نشان داده است که بهترین زمان کاشت و انتقال پیاز زعفران به مزارع جدید خرداد ماه می‌باشد (Sadeghi et al., 2003; Ghasemi Rooshnavand et al., 2009) و پس از آن به ترتیب ماه‌های اردیبهشت، تیر، مرداد و شهریور قرار دارند (Sadeghi et al., 2003)، این در حالی است که در خراسان، کشت زعفران غالباً در بازه زمانی اوایل مرداد ماه تا اوایل مهر ماه است و بیشترین درصد فراوانی تاریخ کاشت، در فاصله زمانی 11 تا 20 شهریور ماه می‌باشد (Behdani, 2005). با توجه به این نکات ضرورت دارد تا آزمایشات جامع‌تری در مورد اثرات تاریخ کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه بر رشد و نمو گیاه دارویی زعفران صورت گیرد.

مدیریت آبیاری فاکتور مهم دیگری در گل‌آوری زعفران بوده، به طوری‌که در برخی آزمایشات مشاهده شده است که بیشترین و کمترین تعداد گل و وزن گل در هکتار به ترتیب در تیمارهای آبیاری مرداد ماه و تیر ماه به دست می‌آید (Sadeghi et al., 2003). نتایج مطالعه دیگری نشان داد که انجام آبیاری از نیمه تیر تا نیمه مرداد ماه بر عملکرد زعفران اثر منفی دارد (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). گزارش شده است که انجام آبیاری در ماه‌های اسفند و فروردین و نیز مرداد و شهریور باعث افزایش عملکرد گل و کلاله زعفران می‌شود (Juan et al., 2009). گزارشات دیگری نشان می‌دهد که انجام آبیاری در ابتدای بهار برای گسترش و رشد و نمو بنه‌های خواهری ضروری است (Benschop, 1993; Rees, 1988; Juan et al., 2009). علی‌رغم مطالعات صورت گرفته، هنوز اثرات آبیاری تابستانه بر رشد و عملکرد زعفران به خوبی مشخص نشده است. از این‌رو ضرورت دارد تا تحقیقات جامع‌تری در این خصوص صورت گیرد.

در مورد بهبود روش‌های مدیریتی زعفران در کشور مطالعاتی صورت گرفته است؛ ولی در مواردی مانند استفاده از گیاهان همراه و نیز تاریخ کاشت مناسب و مدیریت آبیاری تحقیقات کافی انجام نشده و یا نتایج متضادی وجود دارد. از این‌رو هدف از این تحقیق، مطالعه اثرات این فاکتورها بر ویژگی‌های رشد و عملکرد گیاه دارویی زعفران بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در طی سال‌های زراعی 89-1388 و 90-1389، به صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر مبنای طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی عبارت بودند از: تاریخ کاشت بهاره، تابستانه و پاییزه (اول خرداد ماه، اول مرداد ماه و اول مهر ماه)، مدیریت آبیاری (آبیاری و عدم انجام آبیاری پس از هر تاریخ کاشت) و کاربرد گیاهان همراه زعفران [شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.)، خلر (*Lathyrus sativus* L.) و شاهد]. تاریخ کاشت به عنوان فاکتور اصلی، مدیریت آبیاری به عنوان فاکتور فرعی و کاربرد گیاه همراه به عنوان فاکتور فرعی فرعی

مورد مطالعه قرار گرفتند. قبل از آزمایش، از محل اجرای طرح نمونه خاک تهیه و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول 1).

جدول 1- نتایج آزمایش خاک محل اجرای آزمایش
Table 1- Results of soil analysis

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($ds.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	درصد کربن C (%)	نیتروژن کل (پی‌پی‌ام) N_{total} (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی-پی‌ام) $P_{available}$ (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی-ام) $K_{available}$ (ppm)	درصد شن Sand (%)	درصد رس Clay (%)	درصد سیلت Silt (%)	بافت Texture
1.91	7.44	0.72	539	4.37	309.56	26	24	50	سیلت- لوم Silt-loam

کشت زعفران با استفاده از بنه‌های شش تا 10 گرمی در کرت هایی با ابعاد 1/5×3/5 متر انجام شد. در داخل هر کرت شش ردیف زعفران، به صورت مسطح و با فاصله 25 سانتی‌متر بین ردیف و 10 سانتی‌متر روی ردیف با عمق کاشت 12 سانتی‌متر کشت گردید. پس از هر تاریخ کاشت، در کرت‌هایی که در آن‌ها تیمار آبیاری پس از کاشت مورد نظر بود، آبیاری صورت گرفت؛ ولی در کرت‌هایی که در آن هدف تیمار عدم آبیاری پس از کاشت بود، آبیاری مطابق با عرف موجود در منطقه، در آبان ماه و همزمان با آبیاری کل طرح (1388/8/7) انجام گرفت. همین روند در سال دوم اجرای آزمایش نیز تکرار شد؛ یعنی، در کرت‌هایی که در سال اول اجرای آزمایش پس از کاشت آبیاری صورت گرفته بود، در سال دوم هم در همان تاریخ‌های سال قبل مجدداً آبیاری انجام گرفت. کشت گیاهان پوششی پس از برداشت محصول سال اول و در اواخر آبان ماه سال 1388 انجام گرفت و در بهار 1389 پس از اتمام بارندگی‌های بهاره بقایای این گیاهان به خاک برگردانده شد. بنابراین، در سال ابتدای آزمایش تنها اثر تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری مطالعه و نتایج به صورت طرح کرت‌های خرد شده آنالیز شد؛ در حالی‌که در سال دوم اجرای طرح، علاوه بر اثر زمان کاشت و مدیریت آبیاری، اثر گیاهان همراه نیز بررسی و در نتیجه نتایج حاصله به صورت طرح کرت‌های دو بار خرد شده آنالیز گردید.

صفات مورد مطالعه در این تحقیق عبارت بودند از: عملکرد گل تر، عملکرد کلاله تر، وزن گلبرگ تر (عملکرد گل تر منهای کلاله تر)، نسبت وزن کلاله به گلبرگ، عملکرد کلاله خشک، تعداد گل در هر هکتار، تعداد گل به ازای هر بوته، درصد بنه‌های گل‌دهنده، تعداد روز تا 10 درصد ظهور برگ‌ها، تعداد روز تا 10 درصد گل‌دهی، سرعت ظهور برگ‌ها و سرعت گل‌دهی.

در هر چین (هفت، 11، 14، 18، 21، 25 و 28 روز پس از آبیاری کل طرح در هفتم آبان ماه در هر دو سال آزمایش) تعداد برگ و گل ظاهر شده در هر کرت شمارش شد. سپس برای اندازه‌گیری سرعت ظهور برگ‌ها و سرعت گل‌دهی به ترتیب از معادله‌های (1) و (2) استفاده شد.

$$LAR = \sum_{i=1}^{n} \frac{NLA}{DHID} \qquad \text{معادله (1)}$$

که در آن، LAR: سرعت ظهور برگ، NLA: تعداد برگ ظاهر شده در برداشت nام، DHID: فاصله چین nام از روز آبیاری و n شماره چین می‌باشد.

$$FR = \sum_{i=1}^{n} \frac{NFA}{DHID} \qquad \text{معادله (2)}$$

که در آن، FR: سرعت ظهور گل، NFA: تعداد گل ظاهر شده در برداشت nام، DHID: فاصله چین nام از روز آبیاری و n شماره چین می‌باشد.

در پایان داده‌های خام حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Mstat-C آنالیز آماری شد. همچنین مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد و با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

1- تاریخ کاشت

نتایج نشان داد که تاریخ کاشت در سال ابتدای آزمایش تنها بر وزن تر گلبرگ، وزن تر کلاله، نسبت وزن کلاله به گلبرگ، عملکرد

گل، تعداد روزهای تا ظهور 10 درصد برگ‌ها، تعداد روزهای تا 10 درصد گل‌دهی و سرعت گل‌دهی و در سال دوم بر تمامی صفات مورد بررسی دارای اثر معنی‌داری بود (جدول‌های 2- الف و ب). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر برتری تاریخ کاشت خرداد ماه بر سایر تاریخ‌های کاشت بود، به طوری‌که تقریباً در تمامی صفات مورد مطالعه، این تیمار در سطح بالاتری در مقایسه با دو تیمار دیگر قرار گرفت (جدول 3). پس از تاریخ کاشت اول، تاریخ کاشت مرداد ماه در مقایسه با تاریخ کاشت مهر ماه دارای برتری بود. بیشترین و کمترین عملکرد گل و کلاله به ترتیب در تاریخ کاشت بهاره و پاییزه به دست آمد، به طوری‌که عملکرد گل در تاریخ کاشت خرداد ماه در سال اول آزمایش 1/5 و در سال دوم 2/9 برابر تاریخ کاشت مهر ماه بود؛ همچنین، عملکرد کلاله در این تاریخ کاشت در سال ابتدای آزمایش 1/84 و در سال دوم 2/68 برابر تاریخ کاشت مهر ماه بود (جدول 3). در مورد تمامی صفات کمی زعفران، اختلاف بین تاریخ‌های کاشت مورد بررسی، در دومین سال اجرای آزمایش به مراتب بیشتر از سال نخست اجرای طرح بود؛ به نحوی‌که تعداد گل در هکتار برای تاریخ کاشت اول در سال ابتدای آزمایش 22 درصد بیشتر از آخرین تاریخ کاشت بود، در حالی‌که این صفت در دومین سال اجرای آزمایش در تیمار خرداد ماه 3/4 برابر بیشتر از تاریخ کاشت مهر ماه بود. درصد بوته‌های (کلون‌های) گل دهنده مربوط به تاریخ کاشت خرداد ماه، در سال دوم به مراتب بیشتر از سال ابتدای آزمایش بود (برای سال اول و دوم آزمایش به ترتیب 25 و 90 درصد بوته‌ها)، همین روند برای تاریخ‌های کاشت تابستانه و پاییزه نیز مشاهده گردید، ولی درصد افزایش بوته‌های گل‌دهنده در این دو تاریخ کاشت چندان قابل توجه نبود (جدول 3). بر اساس نتایج این آزمایش، کاشت زعفران در زمان نامناسب به شدت باعث کاهش گل‌آوری این گیاه گردید، به طوری‌که حتی در سال دوم آزمایش در تاریخ‌های کاشت مرداد و مهر ماه به طور متوسط به ازای هر بوته زعفران به ترتیب 0/40 و 0/25 گل تولید شد (جدول 3). در هر دو سال آزمایش، تعداد روزها تا ظهور 10 درصد برگ‌ها در تاریخ کاشت مهر ماه کمتر و در نتیجه سرعت ظهور برگ‌ها بیشتر از دو تاریخ کاشت دیگر بود، در حالی‌که در تاریخ کاشت خرداد ماه تعداد روزها تا 10 درصد گل‌دهی کمتر و در نتیجه سرعت گل‌دهی بیشتر از تاریخ کاشت مرداد ماه و مهر ماه بود (جدول 3).

از حدود نیمه اردیبهشت که برگ‌های زعفران خشک می‌شود، تا نیمه تیر ماه، دوره استراحت کامل و سایر ماه‌های سال دوره فعالیت این گیاه می‌باشد (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009; Juan et al., 2009). برخی نتایج حاکی است که کشت پیاز در اواسط این زمان یعنی خرداد ماه که بنه‌ها در خواب هستند مناسب‌تر است؛ زیرا در این صورت بنه‌ها در طی دوره خواب در زمین مستقر شده و در سال اول محصول کافی تولید می‌شود (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). بدین ترتیب علت برتری تیمار تاریخ کاشت خرداد ماه را می‌توان به استقرار بنه‌ها در طول دوره خواب نسبت داد؛ در صورتی که در تاریخ‌های کاشت مرداد و مهر ماه که فعالیت بنه‌ها شروع شده است، تا انجام استقرار بنه‌ها در خاک مدتی سپری شده و این موضوع سرعت فرآیندهای تکامل درونی بنه‌ها را کاهش می‌دهد، که نتیجه آن کاهش شاخص‌های رشدی گیاه مانند زمان شروع گل‌دهی، سرعت گل‌دهی و تعداد گل در بوته و در نهایت عملکرد گل و کلاله خواهد بود. در تحقیقی دیگری نیز گزارش شد که تاریخ کاشت ابتدای تیر در مقایسه با مرداد باعث افزایش تعداد گل در مترمربع و عملکرد کلاله می‌شود (Gresta, 2008a).

2- مدیریت آبیاری

نتایج نشان داد که در طی هر دو سال اجرای آزمایش، تیمار مدیریت آبیاری تقریباً بر تمامی صفات کمی زعفران در سطح احتمال یک درصد دارای تأثیر معنی‌دار ($p\leq 0/01$) بود (جدول‌های 2- الف و ب). در طی هر دو سال، بیشترین تعداد گل در هکتار، عملکرد گل، عملکرد کلاله تر و خشک، تعداد گل به ازای هر بوته و درصد بنه‌های گل‌دهنده، در تیمار عدم اعمال آبیاری پس از کاشت حاصل شد؛ هر چند که تفاوت‌های موجود بین دو تیمار مدیریت آبیاری در سال نخست اجرای طرح به مراتب بیشتر بود؛ به نحوی‌که تعداد گل در تیمار عدم انجام آبیاری پس از کاشت در سال اول 3/5 و در سال دوم 1/97 برابر تیمار انجام آبیاری پس از کاشت بود. این مقادیر برای عملکرد گل در سال نخست 4/1 و در سال دوم 1/81 برابر و برای عملکرد کلاله خشک در سال اول آزمایش 3/96 و در سال دوم 1/62 برابر بود (جدول 4). درصد بوته‌های گل‌دهنده نیز در تیمار عدم انجام آبیاری پس از کاشت به مراتب بیشتر از تیمار انجام آبیاری پس از کاشت بود. همچنین در سال نخست اجرای طرح در کرت‌هایی که پس از کاشت آبیاری انجام نشده بود، کمترین زمان تا ظهور 10 درصد گل‌ها و برگ‌ها و در نتیجه بیشترین سرعت ظهور گل و برگ مشاهده گردید؛ در حالی‌که در سال دوم، در این تیمار سرعت گل‌دهی

بیشتر و سرعت ظهور برگ‌ها کمتر از تیمار انجام آبیاری پس از کاشت بود (جدول 4).

جدول ۲ (الف)- اثر تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸

Table 2 (a)- Effects of planting date and irrigation management on growth and yield indices of saffron during 2009

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل تر Fresh flower yield	وزن تر گلبرگ Petal weight	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	نسبت وزن کلاله به گلبرگ Stigma to petal weight ratio	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی Flowering rate	سرعت ظهور برگ‌ها Leaf appearance rate
تکرار Replication	2	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
تاریخ کاشت Planting date	2	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns	*	*	**	ns
خطای فاکتور a Error a	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مدیریت آبیاری Irrigation	1	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**	**	**
تاریخ کاشت × مدیریت آبیاری Planting date × irrigation	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	**
خطای فاکتور b Error b	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
کل Total	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-

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

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

جدول ۲ (ب)- اثر تاریخ کاشت، مدیریت آبیاری و گیاهان پوششی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در سال ۹۰-۱۳۸۹
Table 2 (b)- Effects of planting date, irrigation management and cover crops on growth and yield indices of saffron in 2010

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل تر Fresh flower yield	وزن تر کلاله Stigma fresh weight	وزن خشک کلاله Stigma dry weight	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی Flowering rate	سرعت ظهور برگ‌ها Leaf appearance rate
تکرار Replication	2	*	*	*	*	*	ns	ns	**	ns	**
تاریخ کاشت Planting date	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
خطای فاکتور a Error a	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مدیریت آبیاری Irrigation	1	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
مدیریت آبیاری × تاریخ کاشت Planting date × irrigation	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
خطای فاکتور b Error b	6	*	*	*	*	*	ns	ns	*	ns	*
گیاه پوششی Cower crop	2	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
تاریخ کاشت × گیاه پوششی Planting date × cower crop	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
مدیریت آبیاری × گیاه پوششی Irrigation × cower crop	2	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	**	ns	ns
مدیریت آبیاری × تاریخ کاشت × گیاه پوششی Planting date × irrigation × Cower crop	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
خطای فاکتور c Error c	24	-	-	-	-	-	-				
کل Total	53	-	-	-	-	-	-				

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

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران تحت تأثیر تاریخ کاشت

Table 3- Mean comparison of quantitative indices of saffron affected by planting date

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal weight (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	نسبت وزن کلاله به گلبرگ Stigma to petal weight ratio	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2009	خرداد June	97778[a*]	28[a]	25.6[a]	2.3[a]	8.6[a]	362[a]	0.24[a]	24.4[a]	16[b]	9.0[a]	4.2[a]	6.1[a]
	مرداد August	91428[a]	23[a]	21.0[a]	1.7[ab]	8.0[a]	300[a]	0.22[a]	22.8[a]	16[b]	7.3[ab]	3.7[ab]	6.3[a]
	مهر October	76720[a]	18[b]	16.7[b]	1.25[b]	7.5[a]	269[a]	0.19[a]	19.1[a]	22[a]	6.5[b]	2.2[b]	7.1[a]
2010	خرداد June	361000[a]	98[a]	-	6.7[a]	-	1325[a]	0.90[a]	90[a]	5.4[b]	11.5[a]	11[a]	2.2[c]
	مرداد August	166000[b]	49[b]	-	3.5[b]	-	730[b]	0.40[b]	40[b]	7.2[a]	10.0[b]	5.5[b]	5.2[b]
	مهر October	107000[b]	34[b]	-	2.5[b]	-	555[b]	0.25[b]	26[b]	8.5[a]	7.5[b]	3.4[b]	13[a]

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncans' test.

بیشتر تحقیقات انجام گرفته نشان می‌دهد که آبیاری تابستانه می‌تواند بر عملکرد زعفران اثرات مثبتی داشته باشد. در تحقیقی گزارش شده است که بیشترین تعداد گل و وزن گل در هکتار به ترتیب در تیمارهای آبیاری در مرداد ماه، آبیاری در تیر+ مرداد، شاهد (عدم آبیاری تابستانه) و آبیاری در تیر ماه به دست آمد (Sadeghi et al., 2003). نتایج گزارش دیگری حاکی از آن است که انجام آبیاری در ماه‌های مرداد و شهریور (جهت کمک به سبز شدن بنه‌های در حال خواب) و اسفند و فروردین (جهت کمک به تشکیل بنه‌های خواهری) در مقایسه با عدم انجام آبیاری در فاصله پژمردگی برگ تا یک ماه قبل از رشد اولین جوانه‌های بنه‌های خواهری، باعث افزایش وزن تر کلاله، تعداد گل در مترمربع، وزن تر کلاله در هر بنه، تعداد گل به ازای هر بنه و وزن تر کلاله در گل شد (Juan et al., 2009). در گزارش دیگری مشاهده شده است که اثرات مثبت آبیاری بر عملکرد زعفران ناشی از تأثیر مثبت رطوبت بر رشد و نمو بنه‌های خواهری و توسعه ریشه می‌باشد و به نظر می‌رسد آبیاری ابتدای بهار برای گسترش بنه‌ها ضروری است (Benschop, 1993; Rees, 1988; Juan et al., 2009). گزارش دیگری نشان می‌دهد که از نیمه تیر ماه تا نیمه مرداد ماه برگ‌های اولیه در جوانه پیاز به وجود می‌آید و بهتر است در این زمان هیچ‌گونه آبیاری صورت نگیرد، زیرا بر عملکرد اثری منفی دارد، در حالی‌که از نیمه مرداد تا 25 مرداد ماه جام گل و اندام‌های تولید مثل به وجود می‌آید، و آبیاری تابستانه در این دوره اثر مثبتی در گل‌آوری زعفران دارد؛ به طوری‌که آبیاری در 20 مرداد در مزارع تازه کشت شده 17 درصد و در مزارع چند ساله 40 درصد افزایش محصول نسبت به شاهد حاصل نموده است (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). از مجموع تحقیقات صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که آبیاری در ابتدای بهار برای کمک به تشکیل و رشد بنه‌های خواهری، آبیاری در نیمه دوم مرداد ماه برای کمک به تشکیل اندام‌های گل‌دهی و انجام آبیاری در شهریور ماه برای کمک به سبز شدن بنه‌ها، مفید باشد، ولی انجام آبیاری در تیر ماه و نیمه اول مرداد ماه بر عملکرد زعفران اثر منفی دارد. به هر حال بر خلاف اکثر تحقیقاتی که تاکنون صورت گرفته است، نتایج این مطالعه نشان‌دهنده اثرات منفی انجام آبیاری بر شاخص‌های رشدی و عملکرد زعفران در تمامی تاریخ‌های کاشت بود، لذا به نظر می‌رسد که انجام مطالعات بیشتری در این زمینه ضروری باشد. دلیل احتمالی برای بروز اثرات منفی در تیمار انجام آبیاری پس از کاشت را شاید بتوان به دما نسبت داد، زیرا دما فاکتور محیطی مهمی در کنترل رشد و گل‌دهی گونه‌های جنس زعفران است (Molina et al., 2005; Gresta et al., 2009)، و گل‌دهی زعفران عمدتاً تحت تأثیر دما می‌باشد (Molina et al., 2005)، با این وجود به نظر می‌رسد که دما با رطوبت خاک دارای اثر متقابل است، به طوری‌که زمان شروع گل‌دهی از اثر متقابل دما و رطوبت تأثیر می‌پذیرد (Gresta et al., 2009). بر اساس تحقیقات انجام شده شرایط مطلوب تشکیل گل در زعفران دمای در محدوده 23 تا 27 درجه سانتی‌گراد، برای مدت بیش از 50 روز است، همچنین برای ظهور گل‌ها نیاز است که دما به 15تا 17 درجه سانتی‌گراد برسد (Molina et al., 2005). به نظر می‌رسد که انجام آبیاری پس از هر تاریخ کاشت، باعث شده است که دمای مناسب مورد نیاز برای پیشرفت مراحل رشد گیاه از محدوده مناسب خارج شده باشد.

زمان ظهور برگ‌ها می‌تواند از آن جهت حائز اهمیت باشد که رشد برگ قبل از پیدایش گل‌ها، عمل برداشت محصول را مشکل می‌کند. نتایج این آزمایش به خصوص در سال دوم اجرا نشان داد که با تیمار عدم انجام آبیاری می‌توان تا حدی این موضوع را مدیریت نمود (جدول 3). در برخی گزارش‌ها مشاهده شده است که برگ‌ها می‌توانند همزمان، قبل یا بعد از پیدایش گل‌ها ظاهر شوند (Gresta et al., 2008b; Juan et al., 2009). گزارش دیگری حاکی است که برگ‌ها معمولاً بعد از ظهور گل‌ها ظاهر می‌شود، مگر آن‌که در آبیاری زعفران تعجیل شود و لذا آبیاری اول باید زمانی انجام شود که اول گل‌ها و بعد برگ‌های زعفران ظاهر شوند (Ghasemi Rooshnavand et al., 2009). به هر حال تیمار عدم انجام آبیاری پس از کاشت علی‌رغم این‌که بر سرعت گل‌دهی و زمان ظهور 10 درصد گل‌ها در مقایسه با سرعت پیدایش برگ‌ها و زمان ظهور 10 درصد برگ‌ها دارای اثر مثبت بیشتری بود، ولی با این وجود نتوانست به طور کامل باعث ظهور گل‌ها قبل از پیدایش برگ‌ها شود، لذا اگر آبیاری را مهم‌ترین فاکتور در زمان ظهور برگ و گل بدانیم به نظر می‌رسد که انتخاب تاریخ آبیاری پاییزه می‌تواند عامل مهم تأثیرگذار در این زمینه باشد.

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران، تحت تأثیر مدیریت آبیاری در سال‌های زراعی اول و دوم

Table 4- Mean comparison of quantitative indices of saffron affected by irrigation management at the first and second growing years

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per hectare	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر گلبرگ (کیلوگرم در هکتار) Petal weight (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	نسبت وزن کلاله به گلبرگ Stigma to petal weight ratio	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2009	آبیاری Irrigation	39647^{b*}	9^{b}	8.4^{b}	0.65^{b}	7.8^{a}	125.5^{b}	0.09^{b}	9.9^{b}	24.6^{a}	9.5^{a}	1.3^{b}	4.7^{b}
	عدم آبیاری No-irrigation	137637^{a}	37^{a}	34^{a}	2.86^{a}	8.3^{a}	496.6^{a}	0.34^{a}	34.4^{a}	11.7^{b}	5.6^{b}	5.5^{a}	8.3^{a}
2010	آبیاری Irrigation	142000^{b}	43^{b}	-	3.08^{b}	-	662^{b}	0.35^{b}	35^{b}	11.3^{a}	8.4^{b}	4.6^{b}	9.9^{a}
	عدم آبیاری No-irrigation	280000^{a}	78^{a}	-	5.37^{a}	-	1077^{a}	0.70^{a}	70^{a}	8.1^{b}	11.1^{a}	8.6^{a}	3.9^{b}

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncans' test.

3- گیاهان پوششی

اثر گیاهان پوششی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران به جز در مورد درصد بوته‌های گل‌دهنده و تعداد روزهای تا ظهور 10 درصد گل‌ها از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول 2- ب). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد گیاهان پوششی به خصوص خلر تا حدودی باعث افزایش عملکرد زعفران شده است؛ به طوری‌که در تیمار کاربرد گیاه پوششی خلر تعداد گل در هر هکتار 30 درصد و عملکرد گل و کلاله به میزان 20 درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. این موضوع ناشی از بالاتر بودن درصد بوته‌های گل‌دهنده در تیمار استفاده از گیاه پوششی خلر می‌باشد، زیرا درصد بنه‌های گل-دهنده در این تیمار به میزان 20 درصد بیشتر از تیمار عدم کاربرد گیاه پوششی بود (جدول 5).

گیاهان پوششی از طریق بهبود باروری خاک، ایجاد تعادل در میزان تشعشع، رطوبت و دما و نیز فراهمی نیتروژن نقش مهمی در استقرار گیاهان زراعی ایفا می‌کنند (Calkins & Swanson, 1995; Pullaro et al., 2006). برخی نتایج نشان داده است که مالچ حاصل از بقایای گیاهان پوششی می‌تواند باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و در نهایت افزایش عملکرد محصولات زراعی شود (Sainju et al., 2006a,b). ریتر و همکاران (Ritter et al., 1991) در مطالعه بر روی اکوسیستم‌های زراعی گزارش کردند که بیشترین آبشویی نیترات در طول ماه‌های پاییز و زمستان اتفاق می‌افتد و بنابراین استفاده از گیاهان پوششی مناسب در این زمان می‌تواند مانع از تلفات نیتروژن گردد. مطالعات دیگری نیز نشان داده است که عملیات مدیریتی پایدار، مانند استفاده از گیاهان پوششی می‌تواند در افزایش مواد آلی خاک و کاهش آبشویی نیتروژن مفید واقع شود؛ در حالی‌که بقولات باعث تأمین نیتروژن برای گیاه زراعی می‌شوند، گیاهان پوششی غیربقولات نیز می‌توانند آبشویی نیتروژن را در مقایسه با خاک لخت کاهش دهند (Sainju et al., 2006 & 2007).

محمود (Mahmood, 2001) در مطالعه‌ای گزارش کرد که زعفران می‌تواند از نیتروژن باقی‌مانده توسط بقولات به خوبی استفاده نماید. البته مقدار نیتروژن فراهم شده توسط گیاه پوششی برای گیاه زراعی، وابسته به نوع گیاه پوششی بوده و معمولاً در گیاهان خانواده بقولات مقدار آن بیشتر از گیاهان غیربقولات است و البته در بین بقولات هم تفاوت‌های قابل توجهی از این نظر وجود دارد (Dekker et al., 1994; Vyn et al., 1999). دکر و همکاران (Dekker et al., 1994) گزارش کردند که بقایای بقولاتی مانند شبدرها، به علت داشتن غلظت بالای نیتروژن و نسبت پایین C/N خیلی سریع در خاک تجزیه شده و باعث همزمانی آزادسازی نیتروژن از بقایای گیاهی با تقاضای گیاه زراعی به این عنصر می‌شوند (Stute & Posner, 1995). بر این اساس می‌توان علت بهبود نسبی ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران را در شرایط استفاده از گیاهان پوششی به مواردی مانند بهبود خصوصیات خاک، تعادل دما و رطوبت و فراهمی نیتروژن نسبت داد. گیاه خلر با جوانه‌زنی سریع‌تر در مقایسه با شبدر ایرانی توانست تولید بیوماس بیشتری نموده و به نظر می‌رسد که بهبود نسبی ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در شرایط کاربرد گیاه پوششی خلر ناشی از این مسئله باشد.

به طور کلی، به دلیل ساختار غیرگسترده اندام‌های هوایی و زیرزمینی زعفران، از نهاده‌هایی مانند نور، فضا، آب و عناصر غذایی به خوبی استفاده نمی‌شود (Farhoodi, 2003) و از این‌رو، کاشت زعفران به صورت مخلوط با گیاهان دیگر و نیز استفاده از گیاهان پوششی مناسب می‌تواند در افزایش کارایی استفاده از زمین و نهاده‌ها مفید واقع شود (Khosravi, 2005; Koocheki et al., 2006) و به نظر می‌رسد که استفاده از گیاهان پاییزه که فصل رشد و نیاز آبی آن‌ها نسبتاً منطبق بر دوره رشد و فعالیت زعفران است مناسب‌تر باشد. گیاه پوششی انتخاب شده، نباید رقابت قابل ملاحظه‌ای با گیاه اصلی (زعفران) داشته باشد و یا حتی به واسطه جایگزینی یک گیاه پوششی قابل کنترل به جای علف‌های هرز خسارت‌زا و یا بهبود ماده آلی خاک و احتمالاً تثبیت نیتروژن باعث تسهیل رشد زعفران نیز بشود. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2006) در تحقیقی بر روی کاشت همزمان تعدادی از گیاهان بهاره با زعفران گزارش کردند که استفاده از گیاهان دارای دوره رشد طولانی به دلیل افزایش تعداد دفعات آبیاری تابستانه مزرعه زعفران باعث کاهش قابل توجه عملکرد زعفران می‌شود.

جدول 5- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و عملکرد زعفران، تحت تأثیر گیاه پوششی در سال‌های زراعی اول و دوم

Table 5- Mean comparison of quantitative indices of saffron affected by cover crops at the first and second growing years

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per ha	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield (kg.ha^{-1})	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight (kg.ha^{-1})	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight (g.ha^{-1})	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا 10 درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور 10 درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2010	شاهد Control	188000^{a*}	55^{a}	3.8^{a}	800^{a}	0.47^{a}	43^{b}	8.2^{b}	9.7^{a}	6.0^{a}	7.2^{a}
	شبدر ایرانی Persian clover	198000^{a}	57^{a}	4.0^{a}	828^{a}	0.50^{a}	41^{b}	9.7^{a}	9.8^{a}	6.1^{a}	6.7^{a}
	خلر Bitter vetch	248000^{a}	70^{a}	4.8^{a}	980^{a}	0.62^{a}	63^{a}	9.7^{a}	9.7^{a}	7.6^{a}	6.6^{a}

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

* Means with at least one similar letter are not significant different (p≤0.05) based on Duncans' test.

4- اثرات متقابل تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری

اثرات متقابل تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری در سال اول و دوم آزمایش بر اکثر ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران معنی‌دار بود (جدول‌های 2- الف و ب). به طور کلی، تیمار عدم انجام آبیاری پس از کشت در تمامی تاریخ‌های کاشت از نظر اکثر صفات مورد بررسی دارای مزیت بود. بیشترین تعداد و عملکرد گل در هکتار، عملکرد کلاله و درصد بوته‌های گل‌دهنده در تیمار تاریخ کاشت بهاره و عدم انجام آبیاری پس از کاشت مشاهده شد، به نحوی‌که در این تیمار در سال دوم اجرای آزمایش 100 درصد بنه‌های کاشته شده تولید گل نمودند و به ازای هر بنه کاشته شده 1/2 گل برداشت گردید (جدول 6). کمترین مقدار ویژگی‌های رشد و عملکرد زعفران در سال اول آزمایش در تیمار تاریخ کاشت پاییزه و انجام آبیاری پس از کاشت و در سال دوم در تیمار تاریخ کاشت تابستانه و انجام آبیاری پس از کاشت مشاهده شد (جدول 6). مدیریت آبیاری در تاریخ‌های کاشت بهاره و تابستانه در طی هر دو سال اجرای آزمایش دارای اثر مشابهی بود؛ ولی در مورد تاریخ کاشت پاییزه این گونه نبود، به نحوی‌که در سال اول اجرای طرح، آبیاری پس از کاشت باعث کاهش چشمگیر شاخص‌های مورد مطالعه گردید، در حالی‌که در سال دوم آزمایش، انجام آبیاری در این تاریخ کاشت تمامی شاخص‌های کمی مورد بررسی را افزایش داد (جدول 6). اثرات منفی انجام آبیاری پس از کاشت به حدی بود که علی‌رغم این که در تاریخ کاشت تابستانه کشت گیاه دو ماه دیرتر از تاریخ کاشت بهاره و خارج از محدوده زمانی مناسب جهت انتقال بنه‌ها صورت گرفته بود، عملکرد گل و کلاله زعفران در تیمار کاشت تابستانه و عدم آبیاری پس از کاشت به مراتب بیشتر از تیمار تاریخ کاشت بهاره و انجام آبیاری پس از کاشت بود (جدول 6). در طی هر دو سال اجرای آزمایش کمترین زمان تا ظهور 10 درصد گل‌ها و بیشترین سرعت گل‌دهی در تیمار تاریخ کاشت بهاره و عدم انجام آبیاری پس از کاشت مشاهده گردید، همچنین بیشترین سرعت ظهور برگ در سال دوم و در تیمار تاریخ کاشت پاییزه و آبیاری پس از کاشت به دست آمد (جدول 6).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت و مدیریت آبیاری در سال‌های زراعی اول و دوم

Table 6- Mean comparison of interaction effects of planting date and irrigation management at the first and second growing years

سال زراعی Growing season	تیمار Treatment	تعداد گل در هکتار Number of flower per ha	عملکرد گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Stigma fresh weight ($kg.ha^{-1}$)	وزن خشک کلاله (گرم در هکتار) Stigma dry weight ($g.ha^{-1}$)	تعداد گل در هر بوته Number of flower per plant	درصد بنه‌های گل‌دهنده Percentage of corms produced flower	تعداد روزهای تا ۱۰ درصد گل‌دهی Days to 10% flowering	تعداد روزها تا ظهور ۱۰ درصد برگ‌ها Days to 10% leaf appearance	سرعت گل‌دهی (گل در روز) Flowering rate (flower per day)	سرعت ظهور برگ‌ها (برگ در روز) Leaf appearance rate (leaf per day)
2009	$D_1 \times I$	43000^{a*}	10.5^{a}	0.8^{a}	135^{a}	0.10^{a}	11^{a}	24^{a}	13^{a}	1.4^{c}	2.5^{d}
	$D_1 \times NI$	152000^{a}	45.4^{a}	3.8^{a}	590^{a}	0.38^{a}	38^{a}	8^{a}	5^{c}	7.1^{a}	9.8^{a}
	$D_2 \times I$	40000^{a}	8.7^{a}	0.6^{a}	120^{a}	0.09^{a}	10^{a}	22^{a}	9^{b}	1.4^{c}	4.9^{c}
	$D_2 \times NI$	143000^{a}	36.7^{a}	2.8^{a}	480^{a}	0.35^{a}	35^{a}	9^{a}	5.6^{c}	5.9^{a}	7.8^{ab}
	$D_3 \times I$	35000^{a}	7.8^{a}	0.5^{a}	120^{a}	0.08^{a}	9^{a}	27^{a}	6.6^{c}	1^{c}	6.7^{bc}
	$D_3 \times NI$	117000^{a}	28.0^{a}	2.0^{a}	419^{a}	0.29^{a}	29^{a}	18^{a}	6.3^{c}	3.4^{b}	7.5^{b}
2010	$D_1 \times I$	126000^{c}	$39b^{c}$	2.8^{c}	615^{bc}	0.31^{bc}	32^{bc}	11^{a}	11^{a}	3.6^{bc}	1.3^{c}
	$D_1 \times NI$	480000^{a}	127^{a}	8.7^{a}	1675^{a}	1.2^{a}	100^{a}	5.3^{b}	12^{a}	15.8^{a}	2.5^{c}
	$D_2 \times I$	71000^{d}	25^{c}	1.9^{c}	445^{c}	0.18^{c}	18^{c}	10^{a}	9^{ab}	2.4^{c}	6^{b}
	$D_2 \times NI$	268000^{b}	75^{b}	5.2^{b}	1039^{b}	0.67^{b}	61^{b}	6.6^{b}	10.9^{a}	8.9^{b}	6.6^{b}
	$D_3 \times I$	106000^{c}	34^{c}	2.5^{c}	554^{c}	0.26^{bc}	27^{bc}	12^{a}	4.3^{b}	3.8^{bc}	22^{a}
	$D_3 \times NI$	78000^{d}	27^{c}	2.0^{c}	463^{c}	0.19^{c}	19^{c}	5.4^{b}	10.9^{a}	2.1^{c}	4.9^{b}

Y= سال، D_1= خرداد، D_2= مرداد و D_3= مهر، I= آبیاری و NI= عدم آبیاری پس از کاشت

Y= Year, D_1= June, D_2= August, D_3= October, I=Irrigation and NI=No irrigation

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

* Means with at least one similar letter are not significant different ($p \leq 0.05$) based on Duncans' test.

مطالعات نشان می‌دهد که دمای بالا در طی تابستان گل‌دهی زعفران را در اقلیم‌های گرم‌تر به تأخیر می‌اندازد (Molina et al., 2004 & 2005). نظر به این‌که انجام آبیاری پس از کاشت، باعث کاهش دمای حوزه رشد بنه در این اقلیم‌ها می‌گردد، لذا می‌تواند بر گل‌دهی گیاه اثر مثبتی داشته باشد. ولی از آن‌جا که انجام آبیاری در این آزمایش، بر شاخص‌های گل‌دهی زعفران دارای اثر منفی بود، لذا به نظر می‌رسد که در اقلیم مشهد شرایط دمایی برای وقوع مناسب فعالیت‌های گل‌دهی زعفران مناسب بوده و انجام آبیاری نه تنها بر این فاکتورها اثر مثبتی بر جا نگذاشت، بلکه باعث ایجاد اثرات منفی نیز گردید. بر اساس تحقیقات انجام گرفته، رشد زعفران را می‌توان به سه دوره تقسیم کرد: 1- دوره استراحت کامل گیاه و خواب جوانه انتهایی (از حدود نیمه اردیبهشت که برگ‌های زعفران خشک می‌گردد، تا نیمه تیر ماه) 2- دوره فعالیت در درون بنه که طی آن گل‌ها تمایز می‌یابند (از نیمه تیر ماه تا نیمه مهر ماه) و 3- دوره زادآوری، رویش برگ، تشکیل بنه‌های خواهری و جوانه‌های آن‌ها (از نیمه مهر ماه تا نیمه اردیبهشت) (Molina et al., 2004; Ghasemi Rooshnavand et al., 2009; Juan et al., 2009). به نظر می‌رسد که انتقال بنه در دوره‌هایی که گیاه فعال است، باعث اختلال در انجام فعالیت‌های عادی گیاه می‌گردد. از این‌رو، تاریخ کاشت خرداد ماه که در دوره خواب کامل بنه‌ها صورت پذیرفت، بهترین شرایط را برای وقوع فاکتورهای رشدی گیاه فراهم نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش کنونی نشان داد کاشت زعفران در خرداد ماه، عدم انجام آبیاری پس از کاشت و کاربرد گیاهان پوششیِ مناسب می‌تواند موجب بهبود صفات رشد و عملکرد زعفران شود. بر اساس یافته‌های آزمایش، تاریخ کاشت اول مرداد ماه نیز در مقایسه با تاریخ کاشت رایج در بین کشاورزان (اواسط شهریور تا اواسط مهر) دارای مزیت بود. این نتایج در شرایط اقلیمی مشهد به دست آمد و به نظر می‌رسد در مناطقی که میزان درجه حرارت تابستان بالا می‌باشد، کاشت زعفران در اواسط تابستان ممکن است به بنه‌ها، آسیب وارد نماید. بنابراین، پیشنهاد می‌شود اثرات فاکتورهای آزمایشی در سایر شرایط اقلیمی نیز مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبارات معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد (شماره طرح پ 216 مورخ 1388/06/07) تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

Amirshekari, H., Sorooshzadeh, A., Modaress-Sanavy, A., and Jalali Javaran, M. 2006. Study of effects of root temperature, corm size, and gibberellins' on underground organs of Saffron (*Crocus sativus* L.). Iranian Journal of Biology 19(1): 5-18. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A. 2005. Ecological zoning and monitoring of saffron yield fluctuations in Khorasan. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Benschop, M. 1993. The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier, Amsterdam.

Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., and Caporali, F. 2010. Effect of cover crops and mulches on weed control and nitrogen fertilization in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Crop Protection 29: 354-363.

Calkins, J.B., and Swanson, B. 1995. Comparison of conventional and alternative narey weed management strategies. Weed Technology 9: 761-767.

Dekker, A.M., Clark, A.J., Meisinger, J.J., Mulford, F.R., and McIntosh, M.S. 1994. Legume cover crop contributions to no tillage corn production. Agronomy Journal 86: 126- 135.

Den-Hollander, N.G., Bastiaans, L., and Krop, M.J. 2007a. Clover as a cover crop for weed suppression in an intercropping design I. Characteristics of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 92-103.

Den-Hollander, N.G., Bastiaans, L., and Krop, M.J. 2007b. Clover as a cover crop for weed suppression in an

intercropping design II. Competitive ability of several clover species. European Journal of Agronomy 26: 104-112.
Farhoodi, R., Rahnama, A., and Esmaeilzadeh, H. 2003. Saffron place in mixed cultures. In Third National Symposium on Saffron, Mashhad, Iran p. 173-178. (In Persian)
Ghasemi-Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., and Afzalian, M. 2009. Planting, conservation and harvesting stages of saffron. Yazd Agriculture Organization, Iran. Issue 132. p. 33. (In Persian)
Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008a. Effect of mother corm dimension and sowing time on stigmas yield, daughter corms and qualitative aspects of saffron (*Crocus sativus* L.) in a Mediterranean environment. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1144-1150.
Gresta, F., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2008b. Saffron, an alternative crop for sustainable agricultural systems. A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 95-112.
Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., Siracusa, L., and Ruberto, G. 2009. Analysis of flowering, stigmas yield and qualitative traits of saffron (*Crocus sativus* L.) as affected by environmental conditions. Scientia Horticulturae 119(3): 320-324.
Hosseinzadeh, H., and Sadeghnia, H.R. 2005. Safranal, a constituent of *Crocus sativus* (saffron), attenuated cerebral ischemia induced oxidative damage in rat hippocampus. Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 8(3): 394-399.
Juan, J.A.D., Cŕcoles, H.L., M-Munoz, R., and Picornell, M. 2009. Yield and yield components of saffron under different cropping systems. Industrial Crops and Products 30: 212-219.
Khosravi, M. 2005. Intercropping black zira (*Bonium persicum*) with saffron and annual crops: Agroecological and economic perspectives. PhD thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Najibnia, S., and Lalehgani, B. 2009. Evaluation of saffron yield (*Crocus sativus* L.) in intercropping with cereals, pulses and medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 163-172. (In Persian with English Summary)
Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2010. Effects of planting time and irrigation on quantitative indices of saffron. In: Fifth National Symposium of Red Gold (Saffron), Qayen, Iran, November. (In Persian)
Kumar, R. 2009. Calibration and validation of regression model for non-destructive leaf area estimation of saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 122: 142-145.
Mahmood, A. 2001. Mix cropping system. Available at web site: http://www.agri systems.org.
Maggi, L., Carmona, M., Zalacain, A.D., Kanakis, C., Anastasaki, E., Tarantilis, P.G., Polissiou, M., and Alonso, G.L. 2010. Changes in saffron volatile profile according to its storage time. Food Research International 43: 1329-1334.
Mohammad-Abadi, A.A., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, J. 2011. Effects of planting pattern and the first irrigation date on growth and yield of saffron. Journal of Agroecology 3(1): 84-93. (In Persian with English Summary)
Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., García-Luis, A., and Guardiola, J.L. 2004. The effect of time of corm lifting and duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 79-91.
Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and García-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). Scientia Horticulturae 103: 361-379.
Pullaro, T.C., Marino, P.C., Jackson, D.M., Harrison, H.F., and Keinath, A.P. 2006. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. Agriculture Ecosystem and Environment 115: 97-104.
Rees, A.R. 1992. Ornamental Bulbs, Corms and Tubers. C.A.B. International, Wallingford, UK.
Ritter, W.F., Scarborough, R.W., and Chirnside, A.E.M. 1991. Nitrate leaching under irrigation on Coastal Plain soil. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 117: 490-502.
Sadeghi, B., Negari, K., and Hatami, M. 2003. Effect of planting date on the saffron flowering. In Third National Symposium on Saffron, Mashhad, Iran p. 50-51. (In Persian)
Sadeghi, B., Aghamiri, A., and Negari, K. 2003. Effect of summer irrigation on saffron yield. In Third National Symposium on Saffron, Mashhad, Iran p. 171-172. (In Persian)
Sainju, U.M., Singh, B.P., Whitehead, W.F., and Wang, S. 2006a. Carbon supply and storage in tilled and non-tilled

soils as influenced by cover crops and nitrogen fertilization. Journal of Environmental Quality 35: 1507-1517.

Sainju, U.M., Whitehead, W.F., Singh, B.P., and Wang, S. 2006b. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. European Journal of Agronomy 25: 372-382.

Sainju, U.M., Schomberg, H.H., Singh, B.P., Whitehead, W.F., Tillman, P.G., and Lachnicht-Weyers, S.L. 2007. Cover crop effect on soil carbon fractions under conservation tillage cotton. Soil and Tillage Research 96: 205-218.

Siracusa, L., Gresta, F., Avola, G., Lombardo, G.M., and Ruberto, G. 2010. Influence of corm provenance and environmental condition on yield and apocarotenoid profiles in saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Food Composition and Analysis 23(5): 394-400.

Stute, J.K., and Posner, J.L. 1995. Legume cover crops as a nitrogen source for corn in an oat-corn rotation. Journal of Production Agriculture 8: 385-390.

Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Yudate, T., and Nakamura, S. 2009. Yield losses of soybean and maize by competition with inter seeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. Field Crops Research 113: 342-351.

Vyn, T.J., Janovicek, K.J., Miller, M.H., and Beauchamp, E.G. 1999. Spring soil nitrate accumulation and corn yield response to preceding small grain N fertilization and cover crops. Agronomy Journal 91: 17-24.

Zougagh, M., Rıos, A., and Valcarcel, M. 2006. Determination of total safranal by in situ acid hydrolysis in supercritical fluid media: Application to the quality control of commercial saffron. Analytica Chimica Acta 578: 117-121.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 435-451

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 451-435

Effects of Planting Dates, Irrigation Management and Cover Crops on Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativa* L.)

A. Koocheki[1], P. Rezvani Moghaddam[1*] and H.R. Fallahi[2]
Submitted: 29-05-2011
Accepted: 05-01-2013

Koocheki, A.R., Rezvani Moghaddam, P., and Fallahi, H.R. 2016. Effects of Planting Dates, Irrigation Management and Cover Crops on Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativa* L.). Journal of Agroecology 8(3):435-451.

Introduction

Saffron as a winter active plant with low water requirement is the most strategic medicinal plant in arid and semi-arid parts of Iran. This slow-growing plant has narrow leaves and no aerial stem, hence weeds can be overcome it. Moreover, because of its root and canopy structure an important part of different resources is not used by this low input crop. Therefore, the use of associated crops could be an effective way for increasing resources use efficiencies (Koocheki et al., 2016). Appropriate corm planting date is another important factor that affects saffron growth and yield. Results of some studies show that late spring is the best time for corm planting (Ghasemi-Rooshnavand, 2009; Koocheki et al., 2016). In addition, irrigation management has been evaluated in some studies, but irrigation immediately after corm planting has not been investigated previously. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of irrigation management, planting date and the use of some companion crops on flowering of saffron during two growth cycles.

Materials and methods

This experiment was carried out as a split-split plot experiment based on a Randomized Complete Block Design with three replications at Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, Iran in 2009-2011. Experimental factors included: planting date of saffron as main factor (first of June, first of August and first of October, 2009), the irrigation management as sub factor (irrigation and no irrigation after each planting date) and the companion crops as sub-sub factor [Persian clover (*Trifolium resupinatum*), Bitter vetch (*Lathyrus sativus*) and control). Corm planting was done in 10×25 cm distances with 12 cm depth. In the second year irrigation was done again in the plots which were irrigated after planting in the first year at the same previous dates. Companion crops were sown after first flower picking (November, 2009), then their residue were returned to the soil in coming spring (May, 2010). Therefore, data were analyzed as split-plot in the first year and split-split-plot in the second year. Data analysis was done using SAS 9.1 and means were compared using Duncan multiple range test in 5% level of probability.

Results and discussion

Results showed that most growth and flowering indices of saffron were significantly affected by experimental factors. Quantitative indices of saffron were decreased considerably by delaying in planting date in both studied years. The highest flower yield was obtained in June planting date (28 and 98 $kg.ha^{-1}$ in 2009 and 2010, respectively), while the lowest was shown in October planting date (18 and 34 $kg.ha^{-1}$ in 2009 and 2010, respectively). Enhanced growth and yield of saffron in spring planting date is because of real dormancy stage of corms in this time. All studied indices were superior in no-irrigated treatments after planting in both studied years. The flower yield was 9 and 43 $kg.ha^{-1}$ in 2009 and 2010 in irrigated treatments, respectively, while these values were 37 and 78 $kg.ha^{-1}$in 2009 and 2010 in no-irrigation treatment, respectively. It has been reported that irrigation during the creation of the primary leaves in the corm buds is negative, while irrigation after this period and simultaneous with the beginning of primary reproductive organs creation is suitable for saffron flowering. The application of cover crops improved partially the quantitative indices of saffron, particularly in Bitter vetch treatment. In addition, the highest flowering rate and the lowest leaf appearance rate were observed in June planting date, no-irrigation and Bitter vetch cover crop treatment. The positive effects of short-growth cycle

1 and 2- Professors of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor of Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Rezvani@um.ac.ir)

companion crops on saffron is related to improvement of soil physical, biological and chemical properties, soil temperature regulation, prevention from nutrient leaching, N-fixation by Fabaceae species and help to weeds control.

Conclusion

In total, saffron corm planting few days after the falling leaves in spring, no-irrigation after corm planting, avoidance from untimely summer irrigation and the use of appropriate winter cover crops are good strategies for saffron production.

Keywords: Bitter vetch, Corm, Flowering rate, Medicinal plants, Persian clover, Saffron

References

Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Fallahi, H.R., and Aghhavani Shajari, M. 2016. The study of saffron (*Crocus sativus* L.) replacement corms growth in response to planting date, irrigation management and companion crops. Saffron Agronomy and Technology 4(1): 3-18. (In Persian with English Summary)

Ghasemi-Rooshnavand, R., Hashemiyeh, M., and Afzalian, M. 2009. Planting, conservation and harvesting stages of saffron. Yazd Agriculture Organization, Iran. Issue 132 p. 33. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 452-462

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 462-452

بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی و تجزیه و تحلیل اقتصادی بوم‌نظام‌های تولید پسته (*Pistacia vera* L.) در شهرستان زرند کرمان

سیدرضا امیری[1*] و پرویز رضوانی مقدم[2]

تاریخ دریافت: 1390/05/05
تاریخ پذیرش: 1391/08/09

امیری، س.ر.، و رضوانی مقدم، پ. 1395. بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی و تجزیه و تحلیل اقتصادی بوم‌نظام‌های تولید پسته (*Pistacia vera* L.) در شهرستان زرند کرمان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3):462-452.

چکیده

یکی از محصولات مهم صادراتی کشور پسته (*Pistacia vera* L.) می‌باشد که نقش زیادی در صادرات غیر نفتی داشته و سالانه بیش از 800 میلیون دلار سودآوری دارد. اما تولید این محصول در مراکز عمده تولید آن با مشکلات زیادی به خصوص در زمینه کارایی و بهره‌وری انرژی رو به رو می‌باشد. در این بررسی تعدادی از تولیدکنندگان انتخاب و با تکمیل پرسشنامه‌ها اطلاعات اولیه راجع به تولید محصول پسته جمع‌آوری شد. کلیه داده‌ها به میزان‌های معادل انرژی تبدیل و سپس کارایی انرژی محاسبه گردید. نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی برای تولید 119423 مگاژول بر هکتار بود، در حالی‌که کل انرژی خروجی معادل 40950 مگاژول بود. کارآیی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص به ترتیب 0/34، 0/012 کیلوگرم بر مگاژول و 78473- مگاژول در هکتار به دست آمدند. همچنین، انرژی الکتریسیته (45 درصد) و سوخت‌های فسیلی (20 درصد) بیشترین سهم در بین انرژی‌های ورودی را داشتند و بیشترین تأثیر را بر کاهش کارآیی انرژی گذاشتند. از لحاظ اقتصادی، کل هزینه تولید پسته در هکتار 57469600 ریال و سود خالص آن 62530400 ریال بود. بنابراین، با گسترش فعالیت‌های مناسب مدیریت زراعی و بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی می‌توان کارایی مصرف انرژی را در تولید پسته بهبود داد.

واژه‌های کلیدی: انرژی خالص، انرژی‌های تجدید شونده، بهره‌وری، کارایی انرژی، نهاده

مقدمه

پسته (*Pistacia vera* L.) به عنوان یک محصول مهم باغی جایگاه ویژه‌ای را در بین تولیدات کشاورزی دارد و بخش عمده‌ای از صادرات غیر نفتی را تشکیل می‌دهد (Panahi, 2002). پسته بومی ایران و سوریه است. تولیدکنندگان اصلی پسته دنیا شامل ایران 55 درصد، آمریکا 20 درصد، ترکیه 10 درصد، سوریه نه درصد و بقیه کشورها شش درصد است (Abrishami, 1994). ایران با دارا بودن بیش از 60 درصد از صادرات جهانی پسته بزرگترین تولید کننده جهان است و استان کرمان با بیش از 270000 هکتار باغ بارور و غیربارور، 77 درصد از محصول کل کشور را تولید می‌کند و به عنوان مهم‌ترین منطقه پسته‌کاری ایران و جهان محسوب می‌شود (Javanshah, 1999). همچنین شهرستان زرند با سطح زیر کشت بیش از 45000 هکتار نقش مهمی را در تولید این محصول ایفا می‌کند (Tahamipour, 2009). مهمترین ارقام پسته در ایران اوحدی، کله قوچی، اکبری، احمد آقایی، ممتاز، بادامی زرند، شاه پسند، سفید پسته نوق، خنجری دامغان و قزوینی هستند.

گردش انرژی یکی از مباحث بوم‌شناسی کشاورزی است و در نقاط مختلف جهان نسبت انرژی‌های خروجی به ورودی در بوم‌نظام‌های مختلف محاسبه شده است (Dick & Doven, 1985).

1 و 2- به ترتیب استادیار مجتمع آموزش عالی سراوان، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: amiriseyedreza86@gmail.com)

یکی از راه‌های برآورد توسعه کشاورزی، استفاده از روش جریان انرژی است (Goswami, 1986). تجزیه و تحلیل بیوفیزیکی و انرژی در بوم‌نظام زراعی به منظور ایجاد تولید مؤثر ضروری است (Rasmusson, 1986). فهم شیوه‌های توزیع انرژی در توسعه و طراحی انرژی و مدیریت پایدار محیطی، از لحاظ اکولوژیک با توسعه ارتباط دارد (Rasmusson, 1985). در همین راستا پژوهش‌های بی‌شماری در نقاط مختلف جهان، در بوم‌نظام‌های زراعی، به منظور ارزیابی کارایی انرژی برای محصولات زراعی انجام گرفته است (Dick & Doven, 1985). کاظمی و همکاران (Kazemi et al., 2016) با بررسی جریان انرژی در دو سامانه زراعی گندم آبی و دیم تحت دو نظام خاکورزی در شهرستان شهرکرد اظهار داشتند که حداکثر انرژی ورودی مربوط به سامانه کشت آبی با خاکورزی و حداکثر انرژی خروجی در سامانه کشت آبی بدون خاکورزی معادل بود. همچنین بیشترین انرژی مصرفی گندم آبی در هر دو سامانه بدون خاکورزی و با خاکورزی مربوط به کود نیتروژن و بعد از آن به آبیاری تعلق داشت و برای گندم دیم نیز بیشترین انرژی مصرفی در دو سامانه با خاکورزی و بدون خاکورزی مربوط به کود نیتروژن و بذر بود. در هر دو مزارع آبی و دیم روش‌های بدون خاکورزی، دارای انرژی غیرمستقیم و غیر تجدیدپذیر بیشتری نسبت به روش‌های دارای خاکورزی بودند.

مطالعات بر روی گیاهان باغی از جمله زردآلو (*Armeniaca vulgris* Lam.) نشان داد که می‌توان کارایی مصرف انرژی را با عملیات مدیریتی و روش‌های تولیدی مناسب با حفظ محیط زیست و با کمترین وابستگی به انرژی‌های تجدیدناپذیر افزایش داد (Kemal et al., 2007). در مطالعه دیگری بر روی گیلاس (*Cerasus avium* L.) کارایی مصرف انرژی برابر با 0/96 به دست آمد و پیشنهاد شد که برای افزایش کارایی لازم است تا از نیروی کارگری بیشتری استفاده شود و توجه ویژه‌ای به مبانی کشاورزی پایدار مبذول گردد (Kizilaslan, 2009). همچنین، مطالعات مشابهی در کشور شیلی، در رابطه با کارایی انرژی بر روی گیاهان باغی مانند انگور (*Vitis vinifera* L.)، تمشک سیاه (*Rubus fruticosus* L.)، پرتقال (*Citrus sinensis* L.)، لیمو (*Citrus limetta* L.)، خرما (*Phoenix dactylifera* L.)، هلو (*Persica vulgaris* L.) و سیب (*Malus domestica* L.) انجام شده است. این بررسی‌ها نشان می‌دهندکه برای افزایش کارایی انرژی در این گیاهان بایستی سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر را در تولید کاهش داد (Hetz, 1998). کارایی مصرف انرژی گیاه کیوی (*Actinitdia delicios* L.) نیز در مازندران 1/54 به دست آمد. این بررسی نشان داد که بیشترین انرژی ورودی به انرژی‌های مستقیم (سوخت فسیلی و الکتریسیته) مربوط است.

در محاسبات مربوط به کارآیی انرژی، بیشتر انرژی‌های ورودی و خروجی مربوط به ارزیابی اثرات زیست‌محیطی فرآیند تولید مورد استفاده و محاسبه قرار می‌گیرند. از این شاخص، در مقایسه بوم‌نظام‌های مختلف تولید نیز استفاده می‌شود (Ozkan et al., 2004).

مصرف انرژی در بخش کشاورزی به دو بخش مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌شود. انرژی‌های مستقیم عبارت از سوخت ماشین‌آلات، الکتریسته، انرژی مورد نیاز در سیستم‌های سرمایشی، گرمایشی و روشنایی هستند. انرژی غیرمستقیم نیز انرژی مصرفی در زمینه تولید کودهای شیمیایی، تولید بذر، ماشین آلات و سموم را شامل می‌شود (Uhlin, 1998).

کارایی انرژی عامل مهمی در زمینه رشد بهره‌وری، به ویژه در اقتصاد کشاورزی کشورهای در حال توسعه است. از تحلیل کارایی ضمن حفظ منابع، به عنوان یک مکمل مناسب برای مجموعه سیاست‌های اتخاذ شده در شبیه‌سازی تولید داخلی استفاده می‌شود؛ از این‌رو در شرایط کنونی، مطالعات مربوط به کارایی و شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش آن اهمیت ویژه‌ای دارد. از آن‌جایی که مصرف زیاد کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها و مصرف بالای آب که موجب پایین آمدن سطح سفره‌های آب زیرزمینی، در سال‌های اخیر، توسط پسته‌کاران شده است، بنابراین انجام یک بررسی برای تعیین چگونگی استفاده باغداران از نهاده‌های تولیدی می‌تواند مفید باشد (Sadatmoazeni & Karbasi, 2009). با این‌که مطالعات متعددی راجع به مصرف انرژی در بخش کشاورزی انجام شده است (Kuesters & Lammel, 1999)، ولی بررسی در مورد نیاز و آنالیز انرژی ورودی در تولید محصول پسته بسیار اندک است.

هدف از انجام این بررسی، تعیین میزان مصرف انرژی ورودی و انرژی خروجی و به دنبال آن تعیین کارآیی مصرف انرژی در تولید محصول پسته در شهرستان زرند استان کرمان بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در شهرستان زرند در بهار سال 1390 انجام شد. شهرستان زرند در شمال شرقی استان کرمان قرار دارد. دشت زرند با مساحتی معادل 11521کیلومتر مربع در بین رشته کوه‌های حاشیه کویر لوت در شمال شرق و کوه‌های بادامو در جنوب غرب قرار گرفته است. شهر زرند در طول جغرافیایی 56 درجه و 34 دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی 30 درجه و 49 دقیقه شمالی و ارتفاع متوسط 1660 متر از سطح دریا قرار دارد. مساحت اراضی کشاورزی این شهرستان حدود 59000 هکتار است (Kordi, 1997). جامعه آماری مورد بررسی در این مطالعه بر اساس اطلاعات جهاد کشاورزی شهرستان زرند کرمان در سال 1390، در 16 روستای این شهرستان ، 300 بهره‌بردار پسته بود. ارقام پسته مورد کاشت در باغات منطقه مورد مطالعه عبارت بودند از: رقم کله قوچی، اوحدی، اکبری، احمد آقایی، ممتاز، بادامی زرند و شاه پسند. به منظور تعیین تعداد نمونه مورد مطالعه از معادله (1) (Ozkan et al., 2004) استفاده شد:

معادله (1)

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

که در این معادله، n: تعداد نمونه مورد نیاز، s: انحراف معیار، مقدار t در فاصله اطمینان 95 درصد (1/96)، N: تعداد باغ در جامعه هدف و d خطای مجاز (پنج درصد) هستند.

بر اساس فرمول ذکر شده تعداد نمونه مورد بررسی از 16 روستا، 73 نمونه به دست آمد که حجمی معادل 24 درصد از کل جامعه آماری را تشکیل داد. اطلاعات مربوط به کلیه نهاده‌های ورودی و محصول خروجی هریک از نمونه‌ها از طریق جمع‌آوری اطلاعات به صورت چهره به چهره با کشاورزان و بر طبق پرسشنامه‌های طراحی شده صورت گرفت. پس از میانگین‌گیری اعداد در نرم‌افزار Excel، با توجه به منابع موجود، انرژی هر نهاده بر اساس مگاژول در هکتار محاسبه شد (جدول 1).

جدول 1- معادل انرژی‌های ورودی و خروجی در تولید پسته در شهرستان زرند، کرمان

Table 1- Energy equivalent of inputs and outputs in Pistachio production in Zarand county, Kerman

جزییات Particulars	واحد اندازه‌گیری Unit	معادل انرژی (مگاژول) Energy equivalent (MJ)	منبع Reference
نیروی کارگری Human labor	ساعت (hr)	1.96	Mohammadi et al. (2008)
ماشین‌آلات Machinery	ساعت (hr)	62.70	Singh, 2002
سوخت فسیلی (گازوئیل) Fossil fuel (Diesel)	لیتر (L)	56.31	Mohammadi et al. (2008)
کود اوره Urea	کیلوگرم (kg)	60.60	Mohammadi et al. (2008)
کود سوپرفسفات‌تریپل Triple super phosphate	کیلوگرم (kg)	11.10	Mohammadi et al. (2008)
آفت‌کش (آکتارا) Pesticide (Actara)	کیلوگرم (kg)	199	Mohammadi et al. (2008)
قارچ‌کش (اکسی کلرور مس) Fungicide (Copper oxychloride)	کیلوگرم (kg)	92	Mohammadi et al. (2008)
علف‌کش (پاراکوآت) Herbicide (Parquet)	کیلوگرم (kg)	238	Mohammadi et al. (2008)
آب آبیاری Water for irrigation	مترمکعب (m^3)	1.02	Acaroglu (1998)
الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت (k W hr)	3.6	Mohammadi et al. (2008)
عملکرد Yield	کیلوگرم (kg)	27.3	Mirzaei (2010)

در این مطالعه نهاده‌ها و ورودی‌هایی که در فرآیند تولید پسته مورد استفاده قرار می‌گیرند، تعیین شدند و سپس انرژی آن‌ها محاسبه

گردید. این ورودی‌ها عبارت بودند از:

نیروی کارگری، ماشین‌آلات (عمدتاً شامل تراکتور فرگوسن، رومانی و جان‌دیر، گاو آهن، دیسک، کودپاش، سمپاش تراکتوری و نهرکن)، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی، آفت‌کش‌ها، آب آبیاری و الکتریسیته. خروجی‌های بوم‌نظام نیز عملکرد پسته در نظر گرفته شد. معادل‌های انرژی مندرج در جدول 1 جهت محاسبه مقادیر ورودی‌ها مورد استفاده قرار گرفت.

کارایی مصرف انرژی و بهره‌وری انرژی و انرژی خالص با استفاده از معادله‌های (2) تا (4) محاسبه شدند (Sartori et al., 2005):

معادله (2) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)/ انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = کارآیی مصرف انرژی

معادله (3) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار)/ عملکرد پسته (کیلوگرم در هکتار) = بهره‌وری انرژی

معادله (4) انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) – انرژی خروجی (مگاژول در هکتار) = انرژی خالص

نتایج و بحث

نهاده‌های مورد استفاده در تولید پسته و انرژی معادل آن‌ها همراه با مقدار انرژی خروجی در جدول 2 نشان داده شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که حدود 656 ساعت نیروی کارگری و 60 ساعت در هکتار کار ماشین‌آلات برای تولید پسته در منطقه مورد نیاز است. به نظر می رسد که فقر مالی روستاییان، بیکاری افراد خانواده و عرضه زیاد نیروی کار و عدم دسترسی کشاورزان به تراکتور از مهمترین دلایل افزایش استفاده از نیروی کارگری است.

جدول 2- انرژی‌های ورودی و خروجی محصول پسته در سال 1389 در شهرستان زرند، کرمان

Table 2- Total energies input and output in pistachio production in 2010 at Zarand county, Iran

نهاده‌ها و خروجی‌ها Inputs and outputs	مقدار در هکتار (مگاژول) Quantity per hectare (MJ)	مقدارانرژی مصرفی در هکتار (مگاژول) Total energy equivalent (MJ)	درصد از کل انرژی Percentage of total energy
نیروی کارگری (ساعت) Human labor (hr)	656	1481.76	1.24
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (hr)	60	3762	3.15
سوخت فسیلی (گازوئیل) (لیتر) Fossil fuel (Diesel) (L)	440	24776.4	20.74
کودها (کیلوگرم) Fertilizers (kg)	650	23490	19.66
کود اوره (کیلوگرم) Urea (kg)	250	15150	12.68
کود سوپرفسفات‌تریپل (کیلوگرم) Triple super phosphate (kg)	400	4440	3.71
سموم (کیلوگرم) Biocide (kg)	40	7670	6.42
آفت‌کش (آکتارا) (کیلوگرم) Pesticide (Actara) (kg)	10	1990	1.66
قارچ‌کش (اکسی کلرور مس) (کیلوگرم) Fungicide (Copper oxychloride) (kg)	10	920	0.77
علف‌کش پاراکوات (کیلوگرم) Herbicide (Parquet) (kg)	20	4760	3.98
آب آبیاری (مترمکعب) Water for irrigation (m^3)	7560	7711.2	6.45
الکتریسیته (کیلووات ساعت) Electricity (k W hr)	15120	54432	45.57
کل انرژی ورودی Total energy input		119423.36	100
عملکرد (کیلوگرم) Yield (kg)	1500	40950	

بنابراین، بخش‌های مختلف دولتی اعم از بانک کشاورزی، مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان و اتحادیه‌های تعاونی روستایی از مهمترین ارکانی به شمار می‌آیند که می‌توانند از طریق تخصیص تسهیلات، اجاره ماشین‌آلات و طرح زود بازده اشتغال به حل این مشکل کمک کنند تا بدین وسیله کارایی پسته‌کاران افزایش یابد (Sadatmoazeni & Karbasi, 2009). همچنین، مقدار کل کودها و سموم مورد استفاده در تولید پسته به ترتیب 650 و 40 کیلوگرم در هکتار بود. کل انرژی ورودی مورد استفاده در فرآیند تولید پسته حدود 119423/36مگاژول در هکتار به دست آمد (جدول 2).

بیشترین میزان مصرف انرژی ورودی به الکتریسیته اختصاص داشت که به مصرف انرژی الکتریسیته در برداشت آب از چاه‌های عمیق تعلق دارد (معادل 54432 مگاژول در هکتار). سوخت فسیلی در رتبه بعدی از لحاظ مصرف انرژی قرار داشت (معادل 24776/4 مگاژول در هکتار). در بررسی کارایی انرژی تولید لیمو در ترکیه نیز نتایج مشابهی با تحقیق حاضر به دست آمده است. در آن بررسی نیز انرژی الکتریسیته و سوخت‌های فسیلی بیشترین مصرف را داشتند (Ozkan et al., 2004)، سهم انرژی ورودی حاصل از کود در رتبه سوم قرار داشت (جدول 1). کشاورزان، در این رابطه، بدون آگاهی از مضرات کود شیمیایی مقادیر زیادی از آن را به کار می‌برند. بدیهی است که کود نیتروژنه بر اثر آبیاری غرقابی در باغات پسته به راحتی از دسترس خارج می‌شود و موجب کاهش کارایی می‌گردد. سهم سایر ورودی‌ها نیز در جدول 2 نشان داده شده است. حداقل انرژی مصرفی برای ورودی‌ها به نیروی کارگری مربوط بود (1481/76 مگاژول در هکتار) که در حدود 1/2 درصد از کل انرژی مصرفی را تشکیل می دهد (جدول 2). نتایج مشابهی نیز در رابطه با انرژی کارگری گزارش شده است (Sartori et al., 2005). عملکرد متوسط پسته حدود 1500 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بر این اساس، کل انرژی خروجی در هکتار 40950 مگاژول در هکتار است (جدول 2). البته، در برخی از باغات پسته عملکرد کمتر از یک تن در هکتار نیز مشاهده می‌شود که این موضوع بیشتر به شوری زیاد خاک مربوط است. آستانه اقتصادی تحمل پسته برای شوری آب حدود 8-7 دسی‌زیمنس بر متر است و مقادیر بالاتر از این رقم درخت پسته را با کاهش تولید مواجه خواهد کرد (Panahi, 2002).

کارآیی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی خالص در جدول 3 آمده است. کارآیی مصرف انرژی در تولید پسته 0/34 به دست آمد. کارایی برخی از گیاهان باغی مانند مرکبات 1/20 (Ozkan et al., 2004)، زردآلو 1/24 (Kemal et al., 2007)، انگور 2/99 (Ozkan et al., 2007) و گیلاس1/23 (Vecdi et al., 2006) گزارش شده‌اند.

بهره‌وری انرژی تولید پسته 0/012 کیلوگرم بر مگاژول و انرژی خالص برای پسته در شهر زرند منفی به دست آمد (جدول 3). سادات مؤذنی و کرباسی (Sadatmoazeni & Karbasi, 2009) دلایل این ناکارآمدی‌ها را در دشت زرند، وضعیت مالی نامطلوب بهره‌برداران، نیروی کار فراوان و ارزان در روستاها، شکل نامناسب کاشت درختان پسته و اندازه کوچک باغ‌ها عنوان کردند و برای افزایش کارایی توزیع مناسب و به موقع نهاده‌هایی مانند کود شیمیایی، آفت‌کش و ارایه راهنمایی‌های ترویجی در این زمینه را ابراز داشتند.

توزیع ورودی‌های استفاده شده در تولید پسته بر اساس انرژی های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در جدول 3 نشان داده شده‌اند. سهم منابع انرژی غیرمستقیم و تجدیدپذیر تا حدودی مشابه یکدیگر بودند، ولی سهم مصرف انرژی‌های تجدیدناپذیر بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر بود. این موضوع در ارتباط با تولید سایر محصولات نیز صدق می‌کند (Kizilaslan, 2009; Yilmaz et al., 2005; Erdal et al., 2007).

بررسی تولید پسته از لحاظ اقتصادی در زرند

جدول 4 هزینه‌های تولید پسته را از لحاظ اقتصادی نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، بیشترین هزینه تولیدی به آب آبیاری (34020000 ریال) و نیروی کارگری (12300000 ریال) مربوط است (CBI, 2011). در منطقه سیریز شهرستان زرند افزایش بی‌رویه برداشت آب از سفره‌های آب زیرزمینی به شور شدن بیشتر آب‌های زیرزمینی منجر شده است. با این‌که پسته گیاهی مقاوم به شوری است، ولی با این حال درختان پسته با مشکل مواجه شده‌اند و باغات پسته در معرض نابودی قرار دارند. آرین و ذولفقاری (Arian & Zolfeghari, 1994) به عدم نرخ‌گذاری آب به عنوان عامل قوی‌تر و مؤثرتر در مدیریت مالی و ناکارآمدی اشاره کردند. آن‌ها همچنین مبلغ ناچیز آب‌بها و روش اعمال نرخ‌گذاری موجود را موجب مصرف بی‌رویه آب دانسته‌اند. قیمت یک مترمکعب آب در زرند 4500 ریال

است (CBI, 2011) البته، این هزینه در مناطق مختلف پسته‌کاری با توجه به این‌که چاه‌های آب از چه نوعی (عمیق و نیمه‌عمیق) باشند، متفاوت است. با توجه به هزینه تمام شده آب در نواحی مختلف، لازم است با اصلاح سیستم تخصیص آب و افزایش تدریجی نرخ آب آبیاری موجب کاهش تلفات آب و جلوگیری از مصرف بی‌رویه آن شد تا در نهایت، درآمد کشاورزان افزایش یابد.

همان‌طوری که در جدول 2 مشاهده می‌شود، سوخت‌های فسیلی و کودها از لحاظ مصرف انرژی در رتبه‌های دوم و سوم قرار دارند ولی از لحاظ هزینه‌های مصرفی در هکتار (جدول 4) کمترین هزینه را در تولید پسته به خود اختصاص می‌دهند. این امر نشان‌دهنده این واقعیت است که قیمت واقعی آن‌ها و هزینه زیست‌محیطی ناشی از آن‌ها، در نظر گرفته نشده است. کل هزینه‌های تولید برای تولید پسته در یک هکتار برابر با 57469600 ریال است. با توجه به این‌که قیمت هر کیلوگرم پسته 80000 ریال (CBI, 2011) و عملکرد پسته در یک هکتار برابر با 1500 کیلوگرم است، بنابراین سود ناخالصی برابر با 120000000 ریال به دست می‌آید و سود خالصی که از تولید پسته نیز حاصل می‌شود، برابر با 62530400 ریال می‌شود. اگرچه تولید پسته به لحاظ انرژی کارایی ندارد، ولی از لحاظ اقتصادی دارای سود قابل قبولی است. این سود اقتصادی پایین به دلایلی مانند برداشت و فروش پسته، نبود قیمت تضمینی برای پسته، تحولات جهانی قیمت پسته و مسایل سیاسی مربوط است و موجب می‌شود که کشاورزان همیشه در فروش به موقع محصول و مسایل برداشت، بسته‌بندی و انبارداری با مشکل رو به رو شوند. علاوه بر آن، ذخایر آب زیرزمینی در دشت زرند در وضعیت بحرانی قرار دارد، بنابراین، تولید پسته به قیمت از دست رفتن منابع آب زیرزمینی تمام می‌شود و باید دانست که آب موجود حاصل ذخیره چندین قرن است و خشکسالی‌های اخیر نیز این روند را تشدید کرده است که در آینده موجب ناپایداری تولید پسته در شهرستان زرند خواهد شد (Sadatmoazeni & Karbasi, 2009).

جدول 3- کارایی، بهره‌وری و انرژی خالص و انواع انرژی‌های مصرفی در تولید محصول پسته در زرند

Table 3- Total energy input in the form of direct, indirect, renewable energy and energy input–output ratio in *Pistacia vera* production in Zarand county

شاخص‌ها Indices	مگاژول در هکتار ($MJ.ha^{-1}$)
انرژی مستقیم[a] Direct energy[a]	88401.36
انرژی غیرمستقیم[b] Indirect energy[b]	27260
انرژی تجدیدپذیر[c] Renewable energy[c]	9192.96
انرژی تجدیدناپذیر[d] Non-renewable energy[d]	114130.4
کل انرژی ورودی Total energy input	119423.36
کارآیی مصرف انرژی (کیلوگرم بر مگاژول) Energy use efficiency ($kg.MJ^{-1}$)	0.34
بهره‌وری انرژی Energy productivity	0.012
انرژی خالص Net energy	-78473.36

a– انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری، سوخت فسیلی، الکتریسیته و آب آبیاری می‌باشد. b- انرژی غیرمستقیم شامل کود شیمیایی (NPK)، علف کش (پاراکوات)، آفت‌کش (آکتارا) و قارچ کش (اکسید کلرور مس) می‌باشد. c- انرژی تجدیدپذیر شامل نیروی کارگری و آب آبیاری می‌باشد. d- انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت فسیلی، الکتریسیته، کودهای شیمیایی (NPK)، علف کش (پاراکوات)، آفت‌کش (آکتارا)، قارچ کش (اکسید کلرور مس) و ماشین‌آلات می‌باشد.

a- Direct energy including human labor, diesel, electricity and water for irrigation. b- Indirect energy including chemical fertilizers (NPK), herbicide (Paraquat), pesticide (Actara) and fungicide (Copper oxychloride). c- Renewable energy including human labor and water for irrigation. d- Non-renewable energy including diesel fuel, electricity, chemical fertilizers (NPK), herbicide (Paraquat), pesticide (Actara), fungicide (CSopper oxychloride) and machinery.

جدول 4- آنالیز اقتصادی تولید پسته در شهرستان زرند، ایران

Table 4- Economic analysis of *Pistacia vera* production in Zarand county, Iran

نهاده‌ها و خروجی‌ها Inputs and outputs	مقدار در هکتار (مگاژول) Quantity per hectare (MJ)	قیمت به ازای واحد اندازه‌گیری (ریال)* Prices per unit measurement (Rials)*	هزینه در واحد سطح (هکتار) Cost per unit area (ha)
نیروی کارگری (ساعت) Human labor (hr)	656	18750	12300000
ماشین‌آلات (ساعت) Machinery (hr)	60	70000	4200000
سوخت فسیلی (گازوئیل) (لیتر) Fossilfuel (Diesel) (L)	440	1500	660000
کود اوره (کیلوگرم) Urea (kg)	250	2400	600000
کود سوپرفسفات‌تریپل (کیلوگرم) Triple super phosphate (kg)	400	3600	1280000
آفت‌کش (آکتارا) (کیلوگرم) Pesticide (Actara) (kg)	10	80000	800000
قارچ‌کش اکسی کلرور مس (کیلوگرم) Fungicide (Copper oxychloride) (kg)	10	80000	800000
علف‌کش (پاراکوات) (کیلوگرم) Herbicide (Parquet) (kg)	20	80000	1600000
آب آبیاری (مترمکعب) Water for irrigation (m^3)	7560	4500	34020000
الکتریسیته (کیلووات ساعت) Electricity (k W hr)	15120	80	1209600
کل هزینه ورودی Total cost input			57469600
سود ناخالص Gross benefit	1500	80000	120000000
سود خالص Net benefit			62530400

* کل قیمت‌ها از سایت بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران گرفته شده‌اند.

* All of prices were obtained from website of central bank of the Islamic republic of Iran.

نتیجه‌گیری

کارایی انرژی تولید پسته در شهرستان زرند در مقایسه بـا دیگـر باغات میوه از جمله مرکبات (1/2)، زردآلـو (1/24)، انگـور (2/99) و گیلاس (1/23) که در منابع به آن اشـاره شـده اسـت، بسـیار پـایین (0/34) است. کل انـرژی ورودی بـرای تولیـد 119423 مگـاژول در هکتار و کل انرژی خروجی معادل 40950 مگاژول در هکتار بـود. در بین انرژی‌های ورودی، انرژی‌های تجدیدناپذیر ماننـد الکتریسـیته و سوخت‌های فسیلی به ترتیب با 54432 و 24776/4 مگاژول در هکتار بیشترین سهم را داشتند. مصرف بیش از حد الکتریسیته بـه برداشـت آب از چاه‌های عمیق مربوط است. با توجه به کمبـود آب در منطقـه مورد مطالعه و بحرانی بودن وضعیت سفره‌های آب زیرزمینی در این منطقه بایستی مدیریت آب منطقه‌ای شهرستان، تمهیداتی را در جهت کاهش مصرف آب و توزیع مناسب آب بین کشاورزان انجام دهد تا از این طریق علاوه بر پایداری سفره‌های آب زیرزمینی، به کاراتر شدن تولید بهره‌برداران نیز کمک شود. در بین انرژی‌هـای ورودی نیـروی کارگری با 1481/76 مگاژول در هکتار کمترین انرژی مصرفی را بـه خود اختصاص داد. همچنین، از نظر اقتصادی سود خالصی که از تولید پسته حاصل شد، برابر با 62530400 ریال بود که نشان‌دهنده توجیه اقتصادی تولید پسته در منطقه است.

منابع

Abrishami, M. 1994. *Pistacia vera* of Iran. Center of Academic Publication, Iran 672 pp. (In Persian)

Acaroglu, M. 1998. Energy from biomass, and applications. University of Selc-UK, Graduate School of Natural and Applied Sciences. Textbook (Unpublished- Turkish).

Arian, T., and Zolfeghari, S. 1994. Instruments economic-financial in service policies water management. In First EWRS Workshop on Regional Resource Water Management. Isfahan, Iran, 10-11 September, 175-185. (In Persian)

Central Bank of Iran (CBI). 2011. Economic Time Series Database. Available at web site: http://tsd.cbi.ir/Display/Content.aspx (verified: 7 July 2011)

Cordi, R. 1997. Historic Geographical Zarand and Kohbanan. Kermanology Central, Iran 253 pp. (In Persian)

Dick, W.A., and Doven, D.M.V. 1985. Continuous tillage and rotation, combination effects on corn, soybean and oat yield. Agronomy Journal 77: 459-465.

Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., and Gunduz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. Energy 32: 35-41.

Goswami, D.Y. 1986. Alternative Energy in Agriculture. CRC Press 407 pp.

Hetz, E. 1998. Energy utilization in fruit production in Chile. Agricultural Mechanization in Asia, Africa, and Latin America 29(2): 17-20.

Javanshah, A. 1999. The study of flowering *Pistacia vera* and methods for its suspension to prevention of spring cold. PhD Horticultural, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres of Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Kazemi, H., Alizadeh, P., and Nehbandani, A. 2016. Assessing energy flow in rainfed and irrigated wheat fields of Shahrekourd Township under two tillage systems. Journaa\l of Agroecology 8(2): 281-295. (In Persian with English Summary)

Kemal, E., Orhan, G., and Gulistan, E. 2007. Input–output energy analysis in dry apricot production of Turkey. Energy Conversion and Management 48: 592-598.

Kizilaslan, H. 2009. Input–output energy analysis of cherries production in Tokat province of Turkey. Applied Energy 86: 1354-1358.

Kuesters, J., and Lammel, J. 1999. Investigations of the energy efficiency of the production of winter wheat and sugar beet in Europe. European Journal of Agronomy 11: 35-43.

Mirzaei, H. 2010. Modelling energy input- output in production of *Pistacia vera*. In First International Workshop of Modelling Plant, Soil and Air, Rafsanjan, Iran, 14-15 November p. 29-45. (In Persian)

Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S.S., and Rafiee, H. 2010. Energy inputs–yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. Renewable Energy 35: 1071-1075.

Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S., Rafiee, S., and Keyhani, A. 2008. Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil province. Energy Conversion and Management 49: 66-70.

Ozkan, B., Cemal, F., and Feyza, K. 2007. Energy and cost analysis for greenhouse and open-field grape production. Energy 32: 1500-1504.

Ozkan, B., Cemal, F., and Feyza, K. 2004. Energy requirement and economic analysis of citrus production in Turkey. Energy Conversion and Management 45: 1821-1830.

Ozkan, B., Kurklu, A., and Akcaoz, H. 2004. An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy 26: 189-95.

Panahi, B. 2002. Handbook of *Pistacia vera*. Publication of Agricultural Instruction, Jihad- e-Keshavarzi 73 pp. (In Persian)

Rasmusson, D.C. 1985. Barley. American society of Agronomy. 677 South segoe road Madison, Wisconsin 53711. USA.

Sadatmoazeni, S., and Karbasi, A. 2009. Measurement of energy types by use of meta analysis method, study of producers *Pistacia vera* in Zarand, Iran. Agricultural Economic and Development 16(61): 1-16. (In Persian)

Sartori, L., Basso, B., Bertocco, M., and Oliviero, G. 2005. Energy use and economic evaluationof a three year crop rotation for conservation and organic farming in Neitaly. Biosystems Engineering 91: 245-256.

Singh, J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science. Germany: International Institute of Management, University of Flensburg.

Tahamipour, M. 2009. The study of effective factors on production risk *Pistacia vera* in Zarand, Iran. Agricultural

Economic and Development 16(63): 1-19. (In Persian)

Uhlin, H. 1998. Why energy productivity is increasing: An I–O analysis of Swedish agriculture. Agricultural Systems 56: 443-465.

Vecdi, D., Kamil, E., Harold, M.K., Davut, A., and Caglar, E. 2006. Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. Energy Conversion and Management 47: 1761-1769.

Yilmaz, I., Akcaoz, H., and Ozkan, B. 2005. An analysis of energy use and input costs for cotton production in Turkey. Renewable Energy 30: 145-155.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 452-462

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 462-452

An Input–Output Energy and Economical Analysis of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Production Systems in County of Zarand, Kerman Province

S.R. Amiri[1*] and P. Rezvani Moghaddam[2]

Submitted: 27-07-2011
Accepted: 30-10-2012

Amiri, S.R., and Rezvani Moghaddam, P. 2016. An input-output energy and economical analysis of pistachio (*Pistacia vera* L.) production systems in county of Zarand, Kerman province. Journal of Agroecology 8(3):452-462.

Introduction

Pistachio (*Pistacia vera* L.) is one of the most important export crops of Iran which has an important role in non-petroleum exports and has over $800 million benefit per year. However, production of this crop faces many problems in main production centers, especially in energy efficiency and productivity. The pistachio is a native crop of Iran and Syria. The major producers of pistachio are Iran 55%, America 20%, Turkey 10%, Syria 9% and the other countries with 6%. Iran is the major producer of pistachio in the world with more than 60 % of global exports. Kerman Province with more than 270,000 ha under cultivation produces 77 percent of this crop. Moreover, Zarand county with more than 45,000 ha under cultivation plays a major role in the production of pistachio.

Energy flow is one of the topics of agro-ecology in the world and energy output to input ratio is calculated in various agro-ecosystems. One of the indicators of agricultural development is energy flow. So, different studies in the world have been done to evaluate the energy efficiency in the agro-ecosystems. Studies on apricot (*Armeniaca vulgris* Lam.) showed that energy efficiency can increase with appropriate management practices with minimum dependence on non-renewable energies.

Energy consumption is divided into two parts in agriculture: direct and indirect energy. Direct energy is the fuel, machinery, electricity, energy required for cooling, heating, and lighting. Indirect energy includes the energy used in the production of fertilizers, seed production, machinery, and pesticides. Energy efficiency is an important factor in increasing productivity, especially in agricultural economy of developing countries. Although, many studies have been carried out on energy consumption in the agricultural systems, the analysis of the energy input required to produce pistachio is very low.

Therefore, the objectives of the present study were to determine the input and output energy rates, energy use efficiency, and other energy-related factors in the production of pistachio in Zarand county of Kerman province.

Materials and methods

This research was conducted in the spring of 2011 in the county of Zarand. Zarand is located in the northwestern province of Kerman. In this study, some producers were selected and primary information was collected using questionnaire directly. All data (input and output) were converted to energy equivalent quantities and then energy efficiency was calculated. Random sampling was done in gardens within whole population and sample size was determined by Ozkan et al. (2004):

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

Where n is the required sample size, N is the number of holdings in target population, s: standard deviation, t is the reliability coefficient (1.96 which represents the 95% reliability) and d is permissible error (5%).

Basic information on energy inputs and pistachio production were transferred into Excel spreadsheets, and analyzed. Based on the energy equivalents of the inputs and output (Table 1), the energy ratio or energy use efficiency, energy productivity and net energy were calculated:

1 and 2- Higher Educational Complex of Saravan, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: amiriseyedreza86@gmail.com)

Energy efficiency= Energy input (MJ. ha^{-1}) / energy output (MJ. ha^{-1})

Energy productivity= Energy input (MJ. ha^{-1}) / pistachio production (kg. ha^{-1})

Net energy= Energy input (MJ. ha^{-1}) - Power output (MJ. ha^{-1})

Results and discussion

The results showed that total input energy for *Pistacia vera* L. production was 119423 MJ. ha^{-1}, whereas total output energy was 40950 MJ. ha^{-1}. Energy efficiency, energy productivity, and net energy were 0.34, 0.012 kg.MJ^{-1} and -78474 MJ.ha^{-1}, respectively. The highest input energies were related to electricity (45%) and fossil fuels (20%) which had the highest effect on decreasing energy efficiency. Economically, the total cost of *Pistacia vera* L. production per hectare was 57469600 and the net benefit was 6253040 Rials.

Conclusion

It was concluded that extending proper agricultural management and sustainable exploration of natural resources can enhance energy consumption efficiency in *Pistacia vera* L. production. Moreover, due to the shortage water and the critical situation of the aquifers in this region, city regional water management should consider measures to reduce water consumption and improve the distribution of water between the farmers to help the sustainability of the aquifers and more efficient production.

Keywords: Energy efficiency, Input, Net energy, Productivity, Renewable energy

References

Ozkan, B., Kurklu, A., and Akcaoz, H. 2004. An input–output energy analysis in greenhouse vegetable production: A case study for Antalya region of Turkey. Biomass Bioenergy 26: 189-95.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 463-475

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 475-463

تغییرات شاخص‌های رشدی توده بومی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و رقم هندی در پاسخ به شوری و تعداد آب آبیاری

محمد کافی[1*] و احسان کشمیری[2]

تاریخ دریافت: 1394/08/31
تاریخ پذیرش: 1395/02/26

کافی، م.، و کشمیری، ا. 1395. تغییرات شاخص‌های رشدی توده بومی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و رقم هندی در پاسخ به شوری و تعداد آب آبیاری. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3):475-463.

چکیده

زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) یکی از مهمترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران برای تولید در شرایط کمبود آب حائز اهمیت فراوان باشد. جهت بررسی شاخص‌های رشدی توده بومی زیره‌سبز و یک رقم هندی (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط تنش خشکی و شوری آزمایشی به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 88-1387 انجام شد. کرت‌های اصلی در چهار سطح شامل تعداد آبیاری (یک تا چهار نوبت) در طول فصل رشد زیره‌سبز و کرت‌های فرعی در دو سطح شامل آبیاری با آب با هدایت الکتریکی یک دسی‌زیمنس بر متر (شاهد) و آب شور با هدایت الکتریکی پنج دسی‌زیمنس بر متر و کرت‌های فرعی فرعی در دو سطح شامل توده بومی سرایان و رقم هندی بودند. نتایج نشان داد که تجمع وزن خشک، شاخص سطح سبز، دوام شاخص سطح سبز و سرعت رشد محصول تحت تأثیر اثرات منفی تنش قرار گرفتند. همچنین دو و سه نوبت آبیاری بیشترین اثر مثبت را از نظر این شاخص‌ها داشتند و پایین‌ترین میزان از یک و چهار نوبت آبیاری با آب شور به دست آمد. در بین رقم و توده مورد مطالعه نیز توده سرایان در تمامی شاخص‌های مورد بررسی نسبت به رقم هندی برتری داشت. تیمار استفاده از آب شیرین نیز نسبت به تیمار آب شور از نظر این شاخص‌ها برتری داشت. بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده تیمار استفاده از آب شیرین به همراه دو یا سه بار آبیاری برای حصول عملکرد بالا توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: دفعات آبیاری، رژیم آبیاری، سرعت رشد محصول، شاخص سطح سبز

مقدمه

کمبود آب در ایران همواره به عنوان یک عامل محدودکننده کشت و پرورش گیاهان زراعی و دارویی مطرح بوده است. تنش خشکی در مراحل مختلف رشد، به خصوص مراحل گلدهی و دانه‌بندی محدودکننده عملکرد بسیاری از گیاهان دانه‌ای می‌باشد. تنش خشکی می‌تواند از فعالیت فیزیولوژیکی و متابولیکی مانند: فتوسنتز، تعرق، تقسیم و توسعه سلولی و یا فعالیت‌های آنزیمی سلول ممانعت نموده و یا حتی باعث توقف آن‌ها شود (Karimi & Siddique, 1991). همچنین 15 درصد از کل سطح زمین‌های کشور را اراضی شور و سدیمی تشکیل می‌دهند و از 165 میلیون هکتار اراضی قابل کشت، 25 میلیون هکتار آن را خاک‌های شور و شور باتلاقی تشکیل می‌دهند (Parsa, 2000; Lebaschi & ashurabadi, 2004; Ahsan & wright, 1998; Cramer et al., 1994). همچنین به علت بهره‌برداری گسترده ازمنابع آب و خاک مشکل شوری به تدریج جدی‌تر می‌شود، زیرا حتی در شرایط آبیاری با آب غیر شور نیز در

1 و 2- به ترتیب استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: mkafi36@yahoo.com)

درازمدت ممکن است تجمع نمک در خاک در حدی شود که باعث محدودیت تولید و عملکرد محصول گردد (Sharma, 1996). یک راه برای بررسی عوامل مؤثر در عملکرد و تکامل گیاه، تجزیه و تحلیل رشد است. هدف از تعیین و تجزیه شاخص‌های رشد، تفسیر چگونگی پاسخ گونه‌های گیاهی به یک وضعیت محیطی معین است (Sangwan et al., 1994).

تجزیه و تحلیل رشد را می‌توان بر اساس تک بوته یا بر اساس پوشش سطح معینی از زمین انجام داد (Sangwan et al., 1994). در تحقیقی در کرمانشاه نشان داده شده است که سرعت رشد نسبی گیاه چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) در طول دوره رویش با افزایش سن گیاه کاهش یافته و حداکثر رشد نسبی هفت هفته پس از سبز شدن به دست آمد (Kolivand, 1995). در آزمایشی که در گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon citratus* L.) انجام شد در اثر تنش خشکی کم و متوسط کاهش قابل ملاحظه‌ای در ارتفاع، طول برگ، سطح برگ و وزن آن در تیمارهای ملایم و متوسط تنش آب مشاهده شد (Sanjeev & Agrawal, 1996).

افزایش مقدار آبیاری بر اساس افزایش نسبت مقدار آب آبیاری به مجموع تبخیر از تشتک از 0/3 تا 0/6 بر تمام شاخص‌های رشد و عملکرد زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) اثر مثبت داشت (Patel et al., 1992). نتایج آزمایشی که توسط جانگیر و سینگ (Jangir & Singh, 1996) انجام شد مشخص گردید که رژیم آبیاری اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه و اجزا عملکرد داشت و اعمال پنج نوبت آبیاری باعث افزایش عملکرد در مقایسه با چهار بار آبیاری شد، ولی تعداد آبیاری بیشتر (شش نوبت) اثر مفیدی نداشت. در آزمایشی در محیط گلخانه از طریق افزایش نمک‌های NaCl و $CaCl_2$ به محلول غذایی در محیط کشت شن اثرات سطوح مختلف شوری شامل صفر، 50، 100، 150 و 200 مول در مترمکعب بر شاخص‌های رشد و عملکرد زیره‌سبز مورد بررسی قرار گرفت (Nabizadeh, 2002). نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شوری تا 200 مول بر مترمکعب عملکرد و اجزا عملکرد زیره‌سبز به طور معنی‌داری کاهش یافتند. بررسی سطوح مختلف شوری آب آبیاری برخصوصیات عملکرد گیاه، جذب عناصر غذایی و متابولیسم برگ زیره‌سبز در آزمایشی گلدانی نشان داد که از شوری هشت دسی-زیمنس بر متر بالاتر، عملکرد دانه، جذب عناصر غذایی و سطوح اغلب متابولیت‌های برگ به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. افزون بر این تأثیر مخرب افزایش شوری بر وضعیت آب گیاه و متابولیسم آن معمولاً در مرحله گلدهی بارزتر از مرحله گیاهچه‌ای بود (Garg et al., 2002).

از آن‌جا که اکثر مطالعات تحمل به شوری در محیط گلخانه و با استفاده از آب با شوری مصنوعی (معمولاً با استفاده از NaCl) و در دوره کوتاهی از رشد گیاه انجام شده است نتایج آن برای مزرعه قابل اطمینان نمی‌باشد (Russel et al., 1984; Shalhevet et al., 1995) به همین دلیل لزوم انجام آزمایشات شوری در سطح مزرعه که عوامل اقلیمی چون رطوبت نسبی، بارندگی‌های فصلی و درجه حرارت متغیرکه بر روی عوامل تنش‌زا اثر می‌گذارند ضروری به نظر می‌رسد. یکی از گیاهانی که در استان خراسان مورد توجه زارعین قرارگرفته زیره‌سبز است. این گیاه از دیرباز برای ایرانیان شناخته شده بوده است. با توجه به موقعیت ویژه این محصول در عرصه جهانی و همچنین در سطح کشور به ویژه در استان خراسان رضوی (90 درصد تولید کشور) تحقیقات بیشتر بر روی این گیاه ضرورت دارد. هدف از این آزمایش مطالعه اثر تنش خشکی و شوری در مراحل مختلف فنولوژیکی بر برخی از پارامترهای رشدی توده بومی و رقم هندی زیره‌سبز بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد، در سال زراعی 88-1387 انجام شد. تیمارها شامل تعداد آبیاری در چهار سطح به عنوان کرت‌های اصلی، به صورت یک نوبت آبیاری در زمان کاشت، دو نوبت آبیاری در زمان کاشت و در زمان گلدهی و سه نوبت آبیاری در زمان کاشت، گلدهی و پر شدن دانه و چهار نوبت آبیاری در طول فصل رشد زیره‌سبز به عنوان آبیاری مرسوم و بر اساس نیاز آبی این گیاه صورت گرفت. تنش شوری در دو سطح شامل آبیاری با آب معمولی با هدایت الکتریکی یک دسی-زیمنس بر متر به عنوان شاهد و آب شور با هدایت الکتریکی پنج دسی‌زیمنس بر متر و فاکتور سوم نیز شامل توده بومی سرایان و رقم هندی زیره‌سبز بود که به طور تصادفی و به ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی پیاده شدند. قابل ذکر است که خصوصیات شیمیایی آب شور مورد استفاده از مزرعه شوری دانشکده کشاورزی مشهد در جدول 1 ذکر شده است. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم عمیق،

کولتیواتور، دیسک و لولر بود که پس از اضافه کردن کود دامی به مقدار 20 تن در هکتار و اختلاط آن با خاک، نقشه طرح پیاده شد. ردیف‌های کاشت با فاصله 40 سانتی‌متر، به وسیله فاروئر تهیه گردید. سپس بذور زیره‌سبز در دوم آذر ماه سال 1388 در عمق یک تا دو سانتی‌متر سطح خاک کشت شد، به طوری‌که کشت در دو طرف پشته، با فاصله ردیف 20 سانتی‌متر و با تراکم 120 بوته در مترمربع انجام شد. ابعاد کرت‌های آزمایش 4×3 متر، فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر دو متر در نظر گرفته شد. عملیات آبیاری به صورت نشتی انجام شد. پس از سبز شدن در طول دوره رشد زیره‌سبز کود شیمیایی مورد نیاز خاک بر اساس نتایج تجزیه خاک و نیاز گیاه استفاده شد. جهت تعیین خصوصیات فیزیولوژیک زیره‌سبز هر 14 روز یک‌بار تعداد پنج بوته از نیمه پایینی هر کرت به صورت تصادفی برداشت و پس از انتقال به آزمایشگاه صفاتی نظیر سطح سبز، وزن خشک بوته و تعداد شاخه‌های جانبی اندازه‌گیری شد. جهت تعیین وزن خشک، نمونه‌ها به مدت 48 ساعت به آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد منتقل و بعد وزن شدند. برای تجزیه داده‌ها از نرم‌افزار Mstat-C استفاده شد. سپس پارامترهای رشدی محاسبه و نمودارها به وسیله نرم‌افزار Excel رسم شدند.

جدول 1- مهمترین خصوصیات شیمیایی آب شور مورد استفاده
Table 1- Chemical characteristics of salt water used

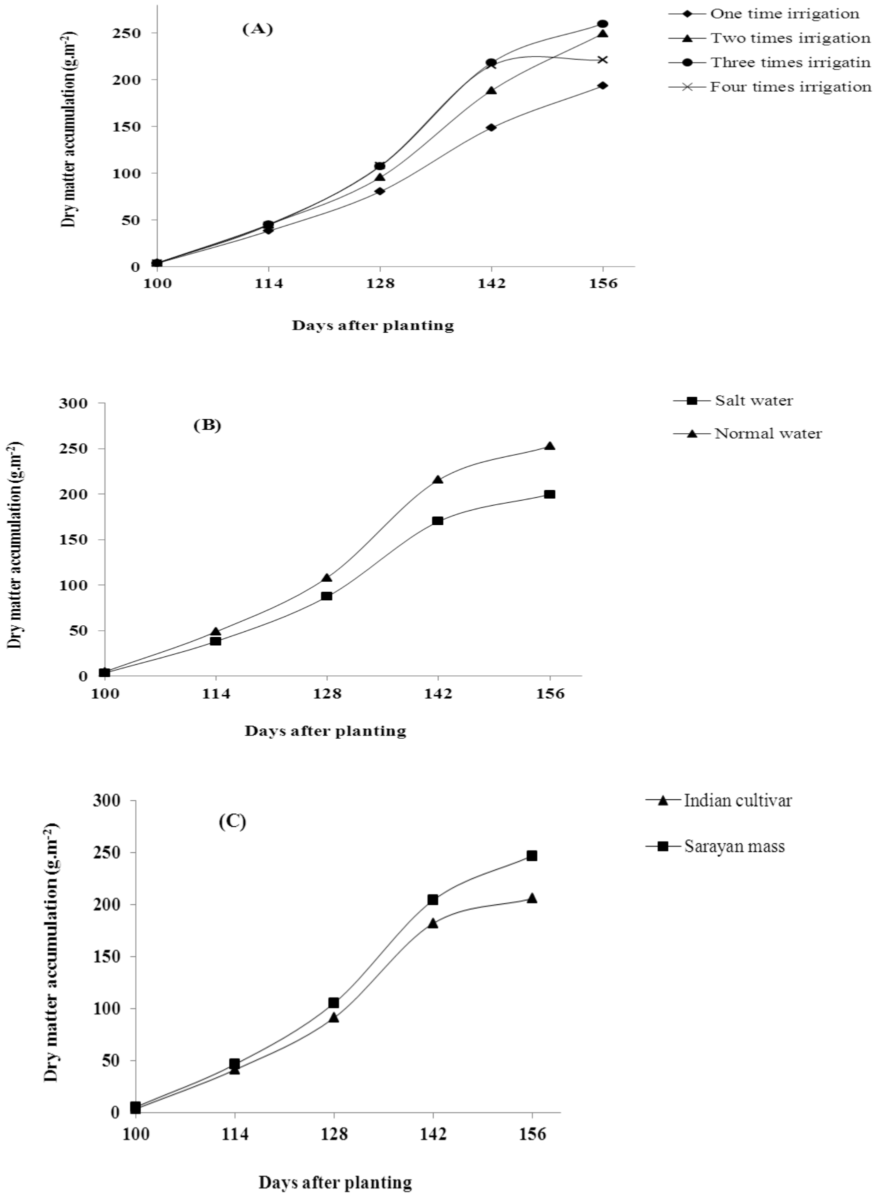
هدایت الکتریکی Electrical conductance	سدیم Na	کلسیم Ca	منیزیم Mg	پتاسیم k	سولفات SO_4	کربنات CO_3	بی کربنات HCO_3	کلر Cl
دسی‌زیمنس بر متر ($ds.m^{-1}$)			میلی‌اکی والان در لیتر ($meq.l^{-1}$)					
5.2	32.5	6.6	9.2	0.2	15.0	0.4	2.4	34.4

نتایج و بحث

روند تغییرات وزن خشک (DM)[1]: با توجه به کندی سرعت رشد و گسترش سطح برگ گیاه زیره‌سبز خصوصاً در ابتدای فصل رشد روند تغییرات وزن خشک بسیار کند است، اما در انتهای فصل و با شروع رشد زایشی وزن خشک به سرعت رو به افزایش می‌گذارد. در واقع در این زمان بیشترین وزن خشک مربوط به وزن اندام زایشی و خصوصاً دانه‌ها است. به همین سبب است که شاخص برداشت زیره‌سبز (60 درصد) نسبت به سایر گیاهان بالاتر است (Ehteramian, 2001; Karimi & Azizi, 1994; Rahimian, 1990; Ahmad & Koal, 1980). تغییرات وزن خشک در اثر افزایش دفعات آبیاری معنی‌دار شد (شکل 1- الف). بیشترین مقدار وزن خشک برای تیمار سه نوبت آبیاری با 260 گرم در مترمربع و کمترین مقدار در تیمار یک نوبت آبیاری با 193/5 گرم در مترمربع ثبت شد. کاهش دفعات آبیاری سبب کاهش پتانسیل آب و بروز اثرات خشکی در گیاه می‌شود. متعاقباً گیاه برای جلوگیری از کاهش بیشتر پتانسیل آب روزنه‌های خود را به حالت بسته در می‌آورد که در نتیجه جذب دی‌اکسیدکربن در گیاه با مشکل مواجه شده و ظرفیت فتوسنتزی گیاه افت می‌کند. این دلایل می‌تواند سبب کاهش معنی‌دار وزن خشک در تیمار یک‌بار آبیاری باشد (Russel et al., 1984; Leid et al., Mass & Poss, 1989; Wright & Smit, 1988; 1991). همچنین شوری سبب کاهش شدید وزن خشک در تیمارهای مربوطه شده است (شکل 1- ب) به طوری‌که وزن خشک با مصرف آب غیر شور 252/5 گرم در مترمربع و با آب شور (پنج دسی‌زیمنس بر متر) 199/6 گرم در مترمربع بود. کاهش وزن خشک در اثر شوری در بسیاری از گیاهان چون گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hurdeum vulgare* L.) نیز گزارش شده است (Karimi & Siddique, 1991; Michael & Thomas, 1996). تجمع ماده خشک در بر هم کنش آب معمولی و توده سرایان نسبت به رقم هندی مقدار بیشتری در گیاه از خود نشان داد (شکل 5).

شوری به دلیل اثر اسمزی و همچنین سمیت یون‌های ویژه موجب کاهش انرژی مورد نیاز گیاه به دلیل کاهش فتوسنتز در اثر بسته شدن روزنه‌ها شده است (Delzoppo, 1999). بر اساس نتایج به دست آمده توده سرایان در اواسط مراحل رویشی از تجمع ماده خشک بیشتری نسبت به رقم هندی برخوردار بود و بیشترین اختلافات در مراحل پایان گلدهی مشاهده شد (شکل 1- ج).

1- Dry matter



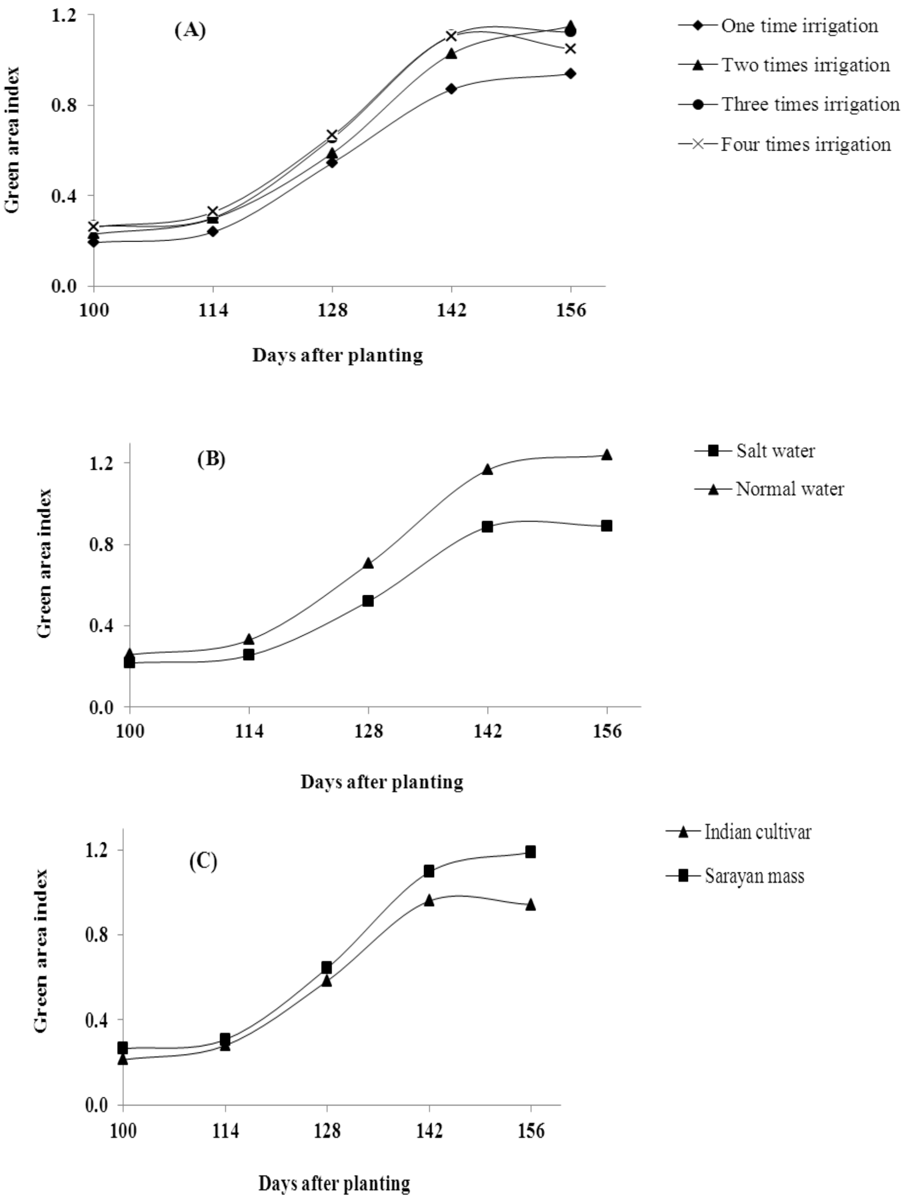
شکل 1- میزان تجمع ماده خشک در رژیم‌های مختلف آبیاری (A)، سطوح مختلف شوری (B) و توده و رقم (C) زیره‌سبز

Fig. 1- Dry matter accumulation in different irrigation regime (A), different levels of salinity (B) and mass and cultivar (C) of cumin

روند تغییرات شاخص سطح سبز (GAI)[1]: در آزمایشات مختلفی که بر روی زیره‌سبز انجام شده مشخص گردید که روند ایجاد سطح سبز در این گیاه به خصوص در اوایل دوره رشدی کند است (Karimi & Azizi, 1994; Kamkar, 2000; Aminpoor & Moosavi, 1995). این روند، از تغییرات GAI در شرایط شور و در شرایط آبیاری استنتاج می‌شود. بنا به منابع مختلف حداکثر GAI برای این گیاه از 1/5 تجاوز ننموده و در قسمت اعظم فصل رشد نیز

1- Green area index

کمتر از یک می‌باشد (Karimi & Azizi, 1994; Tavoosi, 2000; Sadeghi, 1991; Ehteramian, 2001). در این آزمایش نیز کندترین روند تغییرات مربوط به تیمار یک‌بار آبیاری بوده است که با توجه به اثر خشکی بر GAI روند به دست آمده دور از انتظار نمی‌باشد (شکل 2- الف). با افزایش دفعات آبیاری از یک به سه نوبت مقدار GAI افزایش معنی‌داری یافت و از 0/94 در یک نوبت آبیاری به 1/12 در سه نوبت آبیاری رسید (شکل 2- الف).



شکل 2- شاخص سطح سبز در رژیم‌های مختلف آبیاری (A)، سطوح مختلف شوری (B) و توده و رقم (C) زیره‌سبز

Fig. 2- Green area index in different irrigation regimes (A), different levels of salinity (B) and mass and cultivar (C) of cumin

افزایش سطح سبز در اثر آبیاری به دلیل بهبود وضعیت رطوبتی آب در خاک و به دنبال آن در گیاه می‌باشد که از به وجود آمدن اثرات خشکی در گیاه جلوگیری می‌کند (Singh et al., 1994; Aminpoor & Moosavi, 1995; Mass & Poss, 1989). روند

تغییرات شاخص سطح سبز در رقم و توده مورد بررسی نیز متفاوت بود، به طوری‌که توده بومی سرایان در سراسر دوره رشد دارای GAI بالاتری نسبت به رقم هندی بود (شکل 2- ج). همان‌طور که در شکل 2- ب مشاهده می‌شود بیشترین مقدار GAI در تیمار آبیاری با آب غیر شور و به مقدار 1/24 دیده می‌شود و پس از آن تیمار آبیاری با آب شور کاهش معنی‌داری پیدا کرده و به 0/89 می‌رسد. دلیل کاهش معنی‌دار GAI در اثر شوری که در مطالعات بر روی سایر گیاهان نیز مشخص شده، کوچک‌تر شدن سلول‌ها در اثر تنش و در مرحله بعدی کاهش تعداد سلول‌ها به دلیل کاهش تقسیم سلولی است (Loon & Van, 1981; Krogman & Hobbs, 1975; Karimi & Siddique, 1991). اثر متقابل شوری با رقم سرایان شاخص سطح سبز بیشتری نسبت به توده هندی از خود نشان داد. همچنین بیشترین میزان شاخص سطح سبز در بر همکنش آبیاری معمولی و توده سرایان به دست آمد (شکل 5).

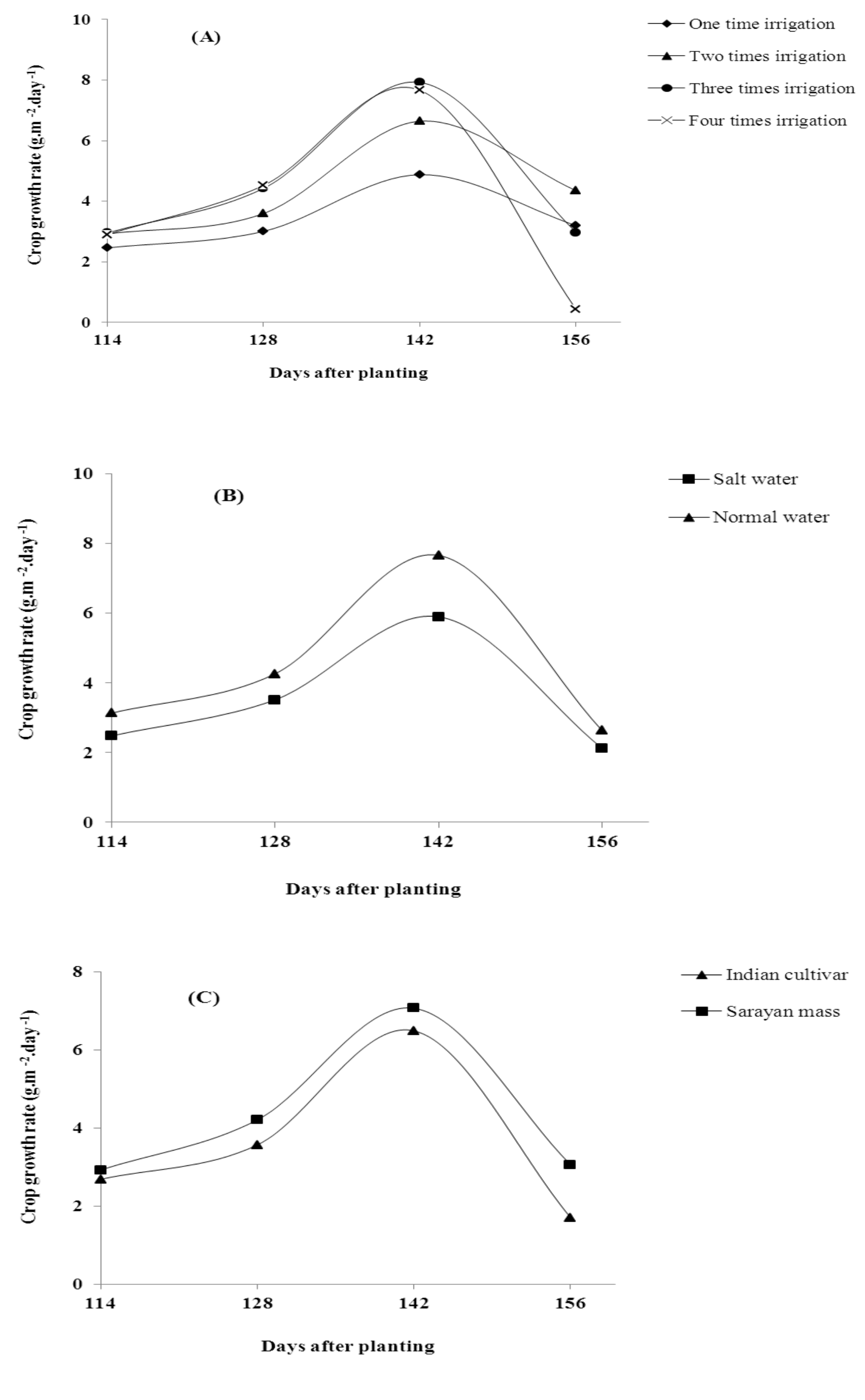
روند تغییرات سرعت رشد محصول(CGR)[1]: با افزایش دفعات آبیاری مقدار CGR افزایش معنی‌داری یافت. بیشترین مقدار CGR در سه نوبت آبیاری با 7/92 گرم در مترمربع در روز و کم‌ترین مقدار آن از یک نوبت آبیاری و 4/87 گرم در مترمربع در روز به دست آمد (شکل 3- الف). در آبیاری مرسوم به دلیل بالا بودن رطوبت، گیاهان دچار بیماری فوزاریومی گشته و سرعت رشد محصول در آن‌ها به ویژه در انتهای فصل رشد کاهش شدید داشته است. در آزمایشی که بر روی گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) صورت گرفت مشاهده شد که سرعت رشد محصول در طول فصل رشد افزایش داشته و مقارن 800-1000 درجه روز رشد به حداکثر رسید و در اواخر فصل رشد کاهش یافته است (Jafarzadeh et al., 2016). دلیل احتمالی افزایش CGR در سه نوبت آبیاری افزایش فتوسنتز در گیاه می‌باشد که خود در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی آب به وجود می‌آید. به علاوه در اثر خشکی اولویت اختصاص شیره پرورده از اندام هوایی به اندام زیرزمینی تغییر می‌کند و در شرایط خشکی رشد ریشه‌ها افزایش و رشد اندام هوایی کاهش می یابد (Mass & Poss, 1989)، افزون بر این در اثر خشکی هدایت روزنه‌ای و رشد سلولی کاهش می‌یابد و سلول‌های کوچک‌تر و کم‌تری تولید می‌شوند. تمامی این مسائل سبب کاهش CGR می‌شوند. همان‌طور که در شکل 3- ب دیده می‌شود، تاثیر سطوح مختلف شوری بر CGR کاملاً بارز؛ است به طوری‌که مقدار CGR از 7/65 گرم در مترمربع در روز در تیمار آبیاری با آب غیر شور به 5/89 گرم در مترمربع در روز در تیمار آبیاری با آب شور می‌رسد. علت احتمالی کاهش CGR در اثر تنش شوری می‌تواند کاهش میزان فتوسنتز در واحد سطح سبز و کاهش سطح فتوسنتزکننده در اثر شوری باشد (Reggiani & Bertani, 1998; Omar et al., 1991).

سرعت رشد محصول در رقم هندی و توده بومی زیره‌سبز نیز متفاوت بود به طوری‌که توده سرایان نسبت به رقم هندی از سرعت رشد بالاتری برخوردار بود (شکل 3- ج). شکل منحنی CGR در اکثر مطالعات به صورت تابع درجه دوم است و در ابتدای فصل رشد کم، ولی تا زمان گلدهی افزایش یافته و بعد از آن به دلیل پیر شدن و کاهش فتوسنتز و تجمع مقدار ماده خشک کم می‌شود (Russel et al., 1984). میر هاشمی و همکاران (mirhashemi et al., 2009) بر روی گیاهان زنیان (*Trachyspermum ammi* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) و لباسچی و عاشور آبادی (Lebashchi & Ashoorabadi, 2004) در گیاه گل راعی (*Hypericum perforatum* L.) این مطلب را نیز گزارش کرده‌اند. سرعت رشد محصول در بر هم کنش آب شور و رقم هندی نسبت به توده سرایان کمتر بود و این نشان‌دهنده مقاومت کمتر رقم هندی نسبت به شوری می‌باشد (شکل 5).

روند تغییرات دوام شاخص سطح سبز (GAID)[2]: با افزایش تعداد آبیاری سطح سبز گیاهی دوام بیشتری داشت (شکل 4- الف) مقدار دوام سطح سبز با سه نوبت آبیاری به حداکثر مقدار خود یعنی 15/63 مترمربع برگ بر مترمربع زمین بر روز می‌رسد و با کاهش دفعات آبیاری مقدار آن کاهش معنی‌داری پیدا کرده و به 12/65 مترمربع برگ بر مترمربع زمین بر روز در تیمار یک‌بار آبیاری رسید. دلیل این امر می‌تواند بروز اثرات خشکی با یک نوبت آبیاری باشد که سبب پیری زودرس برگ‌ها می‌شود در واقع در اثر بروز خشکی گیاه سعی در کاهش سطح تعرق‌کننده خود دارد و اولویت اولیه خود را بر اندام‌های جذب‌کننده آب یعنی ریشه‌ها متمرکز می‌کند (Tavoosi, 2000; Rahimian, 1990; Aminpoor & Moosavi, 1995). اثر متقابل شوری با توده سرایان دوام شاخص سطح برگ بالاتری را نسبت به رقم هندی از خود نشان داد (شکل 5).

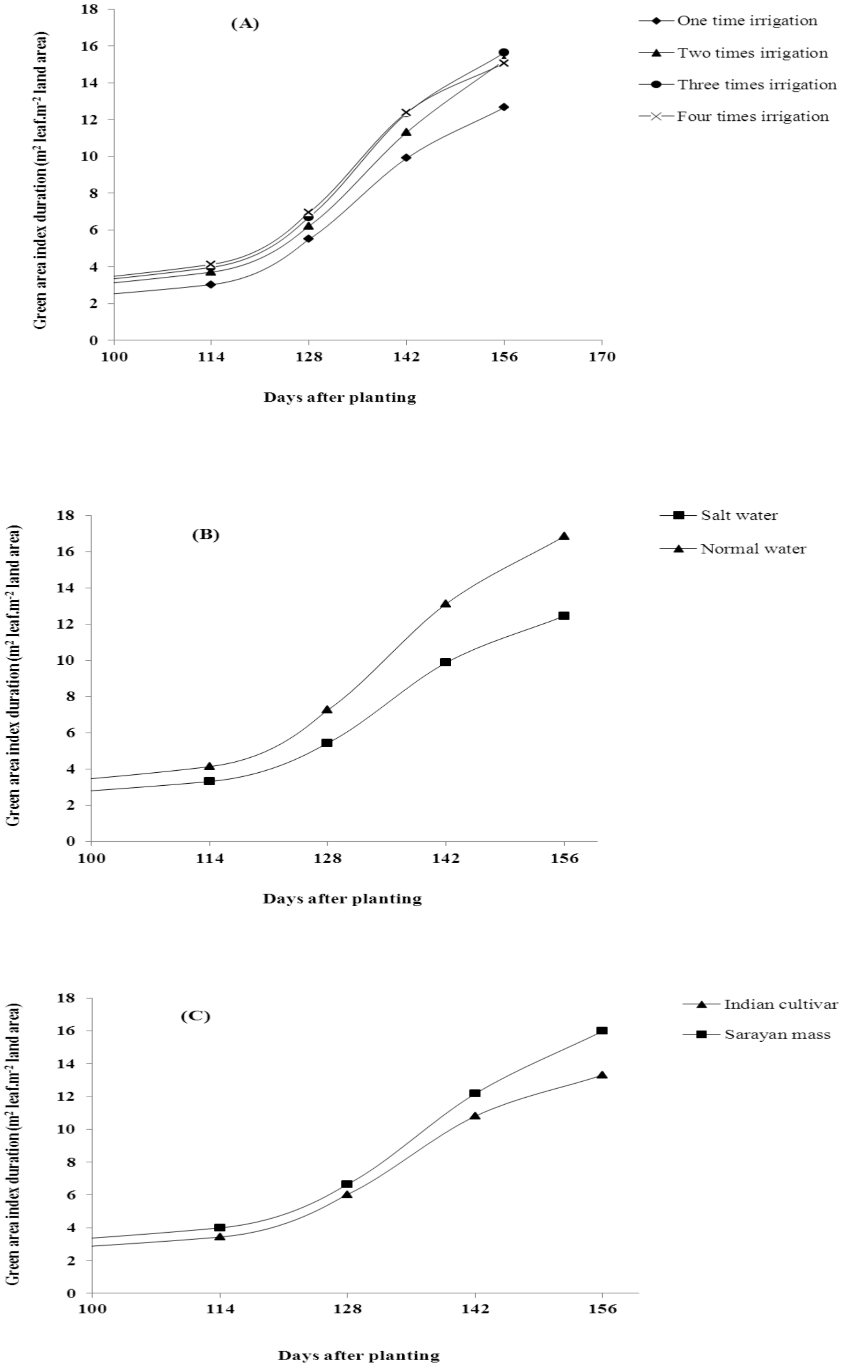
1- Crop growth rate

2- Green area index duration



شکل 3- سرعت رشد محصول در رژیم‌های مختلف آبیاری (A)، سطوح مختلف شوری (B) و توده و رقم (C) زیره‌سبز

Fig. 3- Crop growth rate in different irrigation regimes (A), different levels of salinity (B) and mass and cultivar (C) of cumin

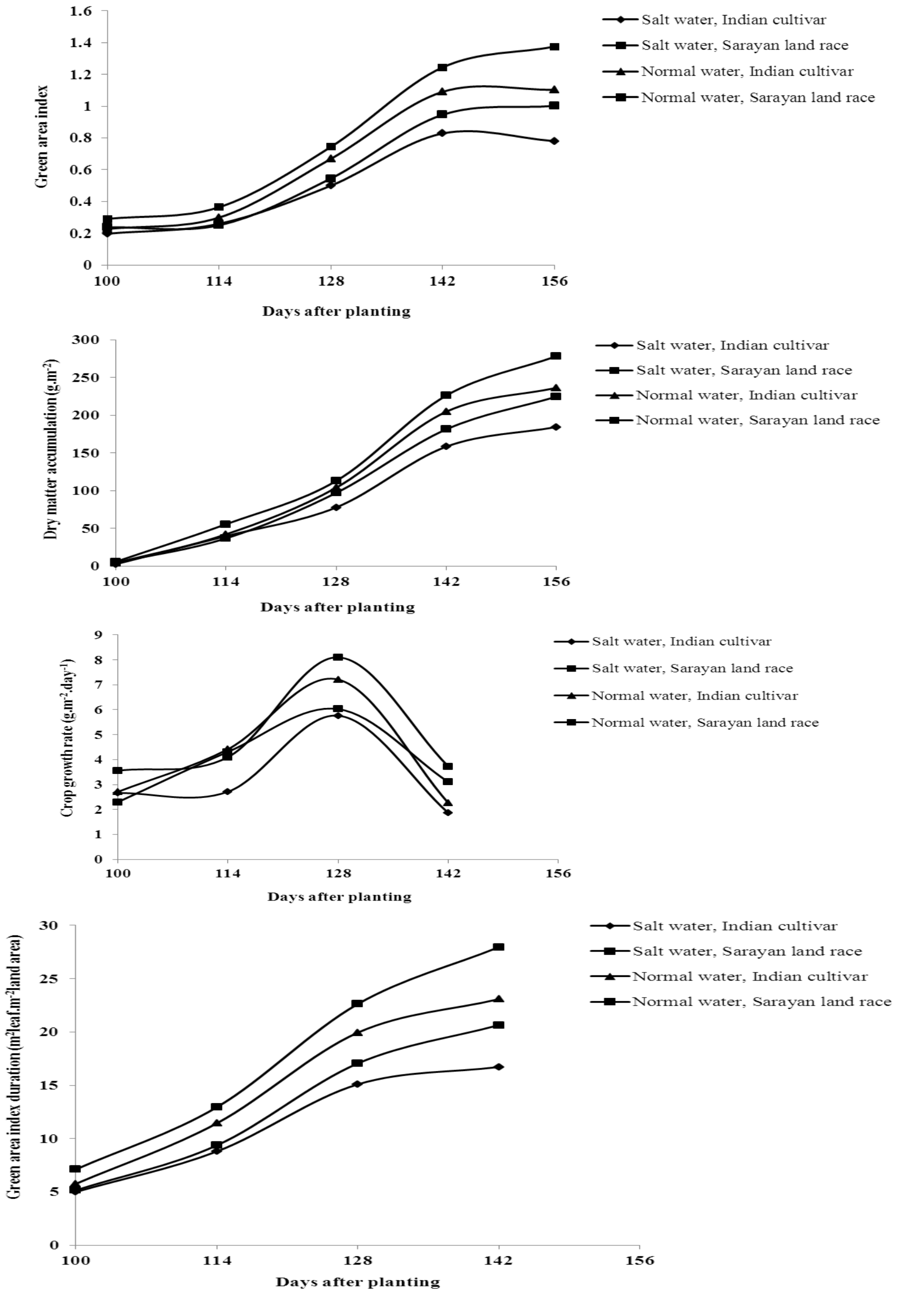


شکل 4- دوام شاخص سطح سبز در رژیم‌های مختلف آبیاری (A)، سطوح مختلف شوری (B) و توده و رقم (C) زیره‌سبز

Fig. 4- Green area index duration in different irrigation regimes (A), different levels of salinity (B) and mass and cultivar (C) of cumin

همان‌طور که در شکل 4- ب مشاهده می‌شود در تیمار آبیاری با آب شور دوام شاخص سطح سبز کاهش می‌یابد. بیشترین میزان دوام شاخص سطح سبز از آبیاری با آب غیر شور به میزان 16/85 مترمربع برگ بر مترمربع زمین بر روز می‌باشد و پس از آن به کم‌ترین مقدار

خود در آبیاری با آب شور یعنی 12/45 می‌رسد. علت احتمالی کاهش دوام شاخص سطح سبز در اثر شوری تجمع املاح در برگ‌ها است که سبب پیری زودرس می‌شود از طرف دیگر اثرات سمیت یون‌ها در طول فصل نیز ممکن است سبب بروز مسمومیت و تضعیف گیاه شود (Sharma, 1996; Ahsan & Wright, 1998). در رقم و توده مورد بررسی نیز دوام شاخص سطح سبز متفاوت بود، به طوری‌که توده سرایان از این نظر نسبت به رقم هندی برتری داشت (شکل 4- ج) .



شکل 5- اثرات متقابل رژیم‌های آبیاری، رقم و توده بر خصوصیات رشدی زیره سبز

Fig. 5- Interaction between irrigation regimes and cultivars on growth characteristics of cumin

نتیجه‌گیری

در این آزمایش تمامی شاخص‌های رشدی مورد مطالعه زیره‌سبز تحت تأثیر تنش خشکی و شوری قرار گرفتند و کمترین میزان شاخص‌ها از یک و چهار نوبت آبیاری با آب شور به دست آمد، همچنین در بین رقم و توده مورد مطالعه نیز توده سرایان در تمامی شاخص‌های مورد بررسی نسبت به رقم هندی برتری داشت. تیمار آب غیر شور نیز در تمامی پارامترهای رشدی مورد مطالعه اثر مثبت داشت و بیشترین تفاوت آن نسبت به تیمار آب شور در اواسط گلدهی گیاه زیره‌سبز مشاهده شد. اعمال سه نوبت آبیاری باعث افزایش شاخص-های رشدی در زیره‌سبز شد ولی آبیاری بیشتر (چهار آبیاری) نه تنها اثر مفیدی نداشت، بلکه باعث افزایش بیماری بوته‌میری شد. لذا افزایش دفعات آبیاری در شرایط آب و هوایی مشهد باعث افزایش ماده خشک در زیره‌سبز نمی‌شود.

منابع

Ahmad, G., and Koal, B. 1980. Chromosome number reports LXVIII. Taxon 29: 543-545.

Ahsan, M., and Wright, D. 1998. Effect of leaf age on ion uptake in wheat under saline stress. Pakistan Journal of Biological Sciences 31: 209-211.

Aminpoor, R., and Moosavi, S.F. 1995. Effect of irrigation frequency on the developmental stages, yield and yield components of *Cuminum Cyminum*. Agricultural Sciences and Natural Resources 1: 1-7. (In Persian with English Summary)

Cramer, C.R., Albercio, G.J., and Schmitt, C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. Australian Journal of Plant Physiology 21: 675-692.

Delzoppo, C. 1999. Effect of salinity on water relations, sodium accumulation, chlorophyll II content and proteolytic enzymes in a wild wheat. Biologia Plantarum 42: 104-108.

Ehteramian, K. 2001. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and planting date on yield and yield components of *cuminum cyminum* in the region of Fars province Kooshkak. MSc thesis. Faculty of Agriculture, University of Shiraz, Shiraz, Iran. (In Persian with English Summary)

Garg, B.K., Burman, U., and Kathju, S. 2002. Responses of *cuminum cyminum* to salt stress. Indian Journal of Plant Physiology 7(1): 70-74.

Haghniya, H., and Koocheki, A. 1990. Production capacity of halophyte and xerophyte plants. Journal of Agricultural Science and Technology 2(2): 83-91. (In Persian with English Summary)

Jafarzadeh, N., Pirzad, A.R., and Hadi, H. 2016. castor (*Ricinus communis* L.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) growth indices in terms of interference. Journal of Agroecology 8(2): 182-196. (In Persian with English Summary)

Jangir, R.P., and Singh, R. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on seed yield of cumin (*Cuminum cymimum*). Indian Journal of Agronomy 41: 140-143.

Kafi, M. 1990. Effect of weeding weed and density on yield and yield components of *cuminum cyminum*. MSc thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Kamkar, B. 2000. Determine the most critical period metologic and Physiological changes in wheat under salinity stress. MSc thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Karimi, M.M., and Siddique, K.H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.

Karimi, M., and Azizi, M. 1994. Crop Growth Analysis. Jihad University of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 111 pp. (In Persian)

Khan, A., Ashraf, M., Nagavi, S., Khanzada, B., and Ali, M. 1995. Growth, ion and solute content of sorghum grown under NaCl and Na_2So_4 salinity stress active. Physiological Plantrum 17: 261-268.

Kolivand, M. 1995. Check Process Growth of Sugar Beets in Kermanshah. Press Institute and the preparation of modified sugar beet seeds 86 pp. (In Persian)

Krogman, K.K., and Hobbs, E.H. 1975. Yield and morphological response of rape (*Brassica campestris* Span.) to irrigation and fertilizer. Canadian Journal of Plant Science 55: 903-909.

Lebaschi, M., and Sharifiashoorabadi, A. 2004. Use of physiological parameters of growth in utilization of flowers Raei. Journal of Research and Construction 65: 65-75. (In Persian with English Summary)

Loon, C., and Van, D. 1981. The effect of water stress on potato growth, development, and yield, American Journal of Potato Research 58: 51-69.

Major, D.J. 1997. Analysis of growth of irrigated rape. Canadian Journal of Plant Science 57: 193-197.

Mass, E.V., and Poss, J.A. 1989. Salt sensivity of cowpea at various growth stages. Irrigation Science 10: L 313-320.

Michael, V., and Thomas, E. 1996. Root-zone sodium chloride influences photosynthesis, water relation and mineral content of sapodilla foliage. Horticultural Science 31(2): 230-233.

Mirhashemi, M., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation of growth indices of ajowan and fenugreek in pure culture and intercropping based on organic agriculture. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 658-694. (In Persian with English Summary)

Nabizade, M. 2002. Effect of different levels of salinity on growth and yield of *Cuminum cyminum*. MSc thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Omar, M.O.M., Hussein, M.H., and Abdallah, Y.A. 1991. Activity of flies and bees on flowering cumin, caraway and anise in relation to weather factors in assiut and sohag regions. Australian Journal of Agricultural Science 22: 81-91.

Parsa, S. 2000. Effects of salinity and nitrogen bread wheat cultivars *(Triticum aestivum)*. MSc thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Patel, K.S., Patel, J.C., Patel, B.S., and Sadaria, S.G. 1992. Influence of irrigation, nitrogen and phosphorus on consumptive use of water, water use and water-expense efficiency of cumin (*Cuminum cyminum*). Indian Journal of Agronomy 37: 209-211.

Rahimian, H. 1990. Effect of planting date and irrigation regime on growth and yield of *Cuminum cyminum*. Scientific and Industrial Research Organization of Khorasan, Khorasan, Iran. (In Persian with English Summary)

Reggiani, R.S. 1998. The effect at salinity on early seedling of wheat cultivars. Canadian Journal of Plant Science 75: 175-177.

Russel, M.P., Wilhelm, W.W., Olson, R.A., and Power, J.F. 1984. Growth analysis based on degree day. Crop science 24: 28-32.

Sadeghi, B. 1991. Effect of irrigation and nitrogen fertilizer in production of *Cuminum cyminum*. Scientific and Industrial Research Organization of Khorasan, Khorasan, Iran. (In Persian)

Sangwan, N.S., Farooqi Abad, A.H., and Sangwan, R.S. 1994. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. New Phytologist 128: 173-17.

Sanjeev, A., and Agrawal, S. 1996. Volatile oil constitutes and wilt resistance in cumin (*Cuminum cyminum* L.). Current Science 71: 177-178.

Shalhevet, J.M., Hach, G., and Schoroeder, B.P. 1995. Root and shoot growth responses to salinity in maize and soybean. Agronomy Journal 78: 512-516.

Sharma, S.K. 1996. Soil salinity effects on transpiration and net photosynthetic rates, stomatal conductance and Na^+ and Cl^- contents in durum wheat. Bioligia Plantarum 38: 519-523.

Singh, B., Singh, P., and Faroda, A.S. 1994. Physiological parameters of *Brassica* species as affected by irrigation and nitrogen management on aridisoils. Indian Journal of Agricultural Sciences 39: 426-443.

Tavoosi, M. 2000. Effect of different irrigation regimes on the amount of product and yield components of *Cuminum cyminum*. MSc thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Wright, G.C., and Smit, C.J. 1988. The effects of irrigation and nitrogen fertilizer on rapeseed in South Eastern. Australian Journal of Agricultural Research Science 9: 1-13.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 463-475

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 475-463

The Changes in the Physiological Growth and the React of the Salinity and Number of Irrigation Water of Two Cumin Cultivars (*Cuminum cyminum* L.)

M. Kafi[1*] and E. Keshmiri[2]
Submitted: 22-11-2015
Accepted: 15-05-2016

Kafi, M., and Keshmiri, E. 2016. The changes in the physiological growth and the react of the salinity and number of irrigation water of two cumin cultivars (*Cuminum cyminum* L.). Jounal of Agroecology 8(3):463-475.

Introduction

Water shortage in Iran has always been a limiting factor for crop cultivation. Drought stress at different growth stages, especially flowering and grain filling stages decreases the yield of the plants. Drought stress may limit yield of medicinal and aromatic plants by reducing the harvest index (HI). This can occur even in the absence of a strong reduction in total medicinal and aromatic plants dry matter accumulation, if a brief period of stress coincides with the critical developmental stage around flowering stage. Water stress is the most influential factor affecting crop yield particularly in irrigated agriculture in arid and semi-arid regions. It is necessary to get maximum yield in agriculture by using the least available water in order to get maximum profit per unit area because existing agricultural land and irrigation water are rapidly diminishing due to rapid industrialization and urban development. In general, 15% of the Iran lands are saline and sodic (Parsa, 2000) and it dues to the use of widespread of water resources and the soil salinity of the farms. Unfortunately this factor (soil salinity) gradually becomes more serious, in fact even in none-saline water irrigation with salt accumulation in the soil in long period of time it may increase and the result will be the limitation of the products (Sharma, 1996). The analyzing of the growth and product is a method for discovering the factors which are effecting on the plants. The purpose of the analyzing of the plants growth is the reaction of the plants to the environmental factors (Sangwan et al., 1994). Cumin (*Cuminum cyminum*) is one of the most important economic and medicinal plants that can growth in arid and semi-arid conditions. Cumin is mostly grown in China, Uzbekistan, Tajikistan, Iran, Turkey, Morocco, Egypt, Syria, Mexico, Chile and India. In the ancient Egyptian civilization cumin was used as spice and as preservative in mummification. The purpose of this study was the effect of drought and salinity in different phenological stages on some of the growth characteristics of cumin cultivars.

Material and method

The experiment was split plot in a randomized complete block design with three replications, in Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season of 2008-2009. Factors were including irrigation times (I1: one times irrigation, I2: two times irrigation I3: three times irrigation and I4: four times irrigation (control) and with two levels of salinity stress (irrigation with normal water and saline water five $dS.m^{-1}$) and two cumin cultivars (Sarayan, Indian cultivar RZ 19). To determine the physiological properties of cumin every 14 days five plants from the bottom half of each plot was randomly picked and transferred to the laboratory and some specifications such as green area, plant dry weight and the number of side branches was measured. For Data analysis software Mstat-C was used. The growth parameters were calculated and graphs were drawn by Excel software.

Results and discussion

Dry weight variations were significant by increasing irrigation. The highest amount of dry weight for treatment with three times irrigation (260 $g.m^{-2}$) and the lowest amount for one time irrigation (193.5 $g.m^{-2}$) were recorded. Salinity too causes decline dry weight in such treatments that dry weight with the use of normal water was 252 $g.m^{-2}$ and with saline water was 199.6 gr/m^{-2}. In the various experiments conducted on cumin, it was found that the process of creating green area in this plant is slow, especially in the early period. According to various sources, maximum green area index for cumin not exceed the greater of 1.5 and for a large part of growing season is less than one. One time irrigation treatment showed the lowest green area index. The highest

1 and 2- Professor and MSc Student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mkafi36@yahoo.com)

CGR was in three times irrigation with 7.92 $g.m^{-2}.day^{-1}$ and the lowest CGR was in one time irrigation with 4.87 $gr.m^{-2}.day$. Leaf area index duration increased with more irrigation. Green area index duration was 15.63 m^2 leaf. m^{-2} land in three times irrigation and By reducing irrigation frequency has been significantly reduced.

Conclusion

In this experiment, all of the growth indices were affected by drought and salinity. The lowest specifications were in one and four irrigation times with saline water. Also between Sarayan and Indian cultivar, Sarayan was better than Indian cultivar under salinity condition.

Keywords: Crop growth rate, Green area index, Irrigation period, Irrigation regime

References

Parsa, S. 2000. Effects of salinity and nitrogen bread wheat cultivars *(Triticum aestivum)*. MSc thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi Univercity of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Sangwan, N.S., Farooqi Abad, A.H., and Sangwan, R.S. 1994. Effect of drought stress on growth and essential oil metabolism in lemongrasses. New Phytologist 128: 173-17.

Sharma, S.K. 1996. Soil salinity effects on transpiration and net photosynthetic rates, stomatal conductance and Na^+ and Cl^- contents in durum wheat. Bioligia plantarum 38:519-523.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 476-489

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 489-476

ارزیابی اقتصادی ارقام اصلاح شده گندم نان آبی با منشا ملی و بین‌المللی و تأثیر آن بر انتقال تابع عرضه

هرمز اسدی[1]، غلامرضا زمانیان[2*]، محمد نبی شهیکی تاش[3]، محمد قربانی[4] و محمد رضا جلال کمالی[5]

تاریخ دریافت: 1395/03/02
تاریخ پذیرش: 1395/06/07

اسدی، ه.، زمانیان، غ.ر.، شهیکی تاش، م.ن.، قربانی، م.، و جلال کمالی، م.ر. 1395. ارزیابی اقتصادی ارقام اصلاح شده گندم نان آبی با منشا ملی و بین‌المللی و تأثیر آن بر انتقال تابع عرضه، نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(3):489-476.

چکیده

به طور کلی هدف از انجام برنامه‌های اصلاح نباتات در تحقیقات کشاورزی، بهبود ژنتیکی، بهره‌وری و پایداری تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی در کشور است. اهداف پژوهش حاضر، تعیین میزان انتقال تابع عرضه ارقام و میزان تأثیر برنامه اصلاح ارقام در کاهش هزینه تولید محصول، تعیین بازدهی اقتصادی برنامه اصلاح ارقام گندم نان آبی (*Triticum aestivum* L.) معرفی شده با منشا ملی و بین‌المللی می‌باشد. ارقام مورد مطالعه شامل 23 رقم گندم نان آبی معرفی شده طی سال‌های 89-1380در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال و بخش اصلاح بذر مراکز تحقیقات کشاورزی استان‌ها بوده است. روش انجام این تحقیق، استفاده از روش‌های Ex-post و Ex-ante بوده و معیارهای سنجش این رویکردها شامل بررسی میزان انتقال تابع عرضه ارقام مورد مطالعه با احتساب میزان کاهش هزینه ناشی از برنامه اصلاحی، تحلیل فایده به هزینه و نرخ بازده داخلی تولید ارقام می‌باشد. طبق نتایج به دست آمده، میزان کاهش هزینه ناشی از برنامه اصلاحی گندم نان برای هر کیلو محصول برای ارقام معرفی شده طی سال‌های 89-1380 به طور میانگین 109/8 ریال و میانگین انتقال منحنی عرضه رقم ناشی از برنامه اصلاحی برای ارقام گندم نان معرفی شده طی همین سال 5/31 درصد برآورد شد. میانگین ارزش کنونی درآمد خالص معرفی ارقام گندم نان آبی معرفی شده در سال‌های مورد مطالعه مثبت و 4463/5 میلیارد ریال محاسبه گردید، که نشانگر اقتصادی بودن انجام برنامه اصلاحی گندم نان و معرفی ارقام اصلاح شده می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بازدهی، تحقیقات به نژادی، سرمایه‌گذاری،سنجش

مقدمه

در راهبرد کشور که تأمین گندم به عنوان قوت اصلی اکثر مردم است، تکیه بر واردات به مصلحت آن‌ها نیست و بایستی با ایجاد اراده سیاسی توام با تدوین و اجرای برنامه‌های تحقیقاتی وابسته به تولید غذا و عرضه مطمئن آن با تکیه بر تولید داخلی، امنیت غذایی جامعه را تحکیم و تضمین نمایند. البته تحقق این آرمان ملی با توسعه همه جانبه تحقیقات وابسته و عزم جدی در سرمایه‌گذاری کافی توأم با اتخاذ سیاست‌های مناسب اقتصادی امکان‌پذیر است. تحقیقات کشاورزی به عنوان یکی از مهمترین عوامل تعیین‌کننده تولید و توسعه تکنولوژی‌های بخش کشاورزی به ویژه در مؤسسات و مراکز تحقیقات دولتی، نقش مهمی در پاسخگویی به تقاضای روزافزون جامعه ایفا می‌کند. در بین تحقیقات کشاورزی، تحقیقات برنامه‌های اصلاح بذر ارقام به ویژه ارقام گندم آبی با هدف تولید و معرفی ارقام اصلاح شده به عنوان یکی از کاربردی‌ترین راهکار عملی در افزایش تولید در دو دهه اخیر، نقش بارزی را در تأمین غذای افراد جامعه برداشته است (Jalal Kamali et al., 2012). در بررسی برنامه‌های

1، 2، 3، 4 و 5- به ترتیب دانشجوی دکترای اقتصاد کشاورزی، استادیار و دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده مدیریت و اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان و استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و محقق ارشد و مسئول دفتر مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT) در ایران، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: zamanian@eco.usb.ac.ir)

به نژادی به منظور گزینش مواد برتر، رقم ایده آل رقمی است که دارای عملکرد بالا و پایدار باشد. به عبارت دیگر، رقم معرفی شده بایستی با محیط کشت سازگاری بالایی از خود نشان دهد (Nikseresht et al., 2014). در این میان آن‌چه در حال حاضر بیشتر مورد تأکید مسئولین سازمان‌ها، مؤسسات و مراکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کشور است، توجه به جنبه‌های اقتصادی مسأله به ویژه آثار اقتصادی-اجتماعی سرمایه‌گذاری در تحقیقات برنامه‌های اصلاح ارقام می‌باشد. بهبود ژنتیکی در عملکرد ارقام به منزله افزایش بهره‌وری یا تولید بیشتر برای هر سطحی از مصرف نهاده است. بنابراین، بهبود ژنتیکی عملکرد یک رقم جدید نتیجه انتقال منحنی عرضه آن رقم به سمت راست یا عمودی خواهد بود. در بررسی اثرات تحقیقات اصلاح گندم بین‌المللی در کشورهای در حال توسعه طی سال‌های (1990-1966)، منافع اقتصادی اثرات تحقیقات اصلاح گندم بین‌المللی در این کشورها سالانه سه میلیارد دلار و نرخ بازده داخلی سرمایه 53 درصد برآورد شد (Byerlee & Traxler, 1996). در ادبیات اقتصادی، اثرات افزایش بهبود ژنتیکی عملکرد یک رقم جدید نتیجه انتقال منحنی عرضه آن رقم می‌باشد. البته افزایش در بهره‌وری محصولات همان انتقال به طرف پایین در منحنی عرضه همراه با کاهش هزینه تولید هر تن محصول می‌باشد (Brennan et al., 2002). طبق آخرین گزارشات برنامه تحقیقات بین‌المللی گندم، سرمایه‌گذاری 30 میلیون دلاری طی سال‌های 1994 تا 2014 در تحقیقات گندم جهانی نشان داد منافع سالانه حاصله از تحقیقات به نژادی گندم در طول این سال‌ها بین 3/1-2/2 بیلیون دلار بوده است. به عبارت دیگر، محاسبه شاخص نسبت فایده به هزینه نشان داد به ازای یک دلار سرمایه‌گذاری در تحقیقات به نژادی گندم جهانی، منافع اقتصادی بیشتر از یک دلار (بین 103-73) می‌باشد. به طوری-که این منافع در جهت کمک به تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان بوده است (Voegele & Kropff, 2016). مطالعه دیگری با استفاده از داده‌های ایستگاه تحقیقاتی دره یاکویی در مکزیک در برنامه اصلاح گندم مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم برای دوره 2002-1962 با به کارگیری از تابع تولید و تکنیک اقتصادسنجی به تعیین اثر اقتصادی برنامه اصلاح گندم این مرکز بین‌المللی و بازده ژنتیکی سالانه برنامه پرداخته است. نتایج نشان داد مساعدت ارقام معرفی شده توسط این مرکز بین‌المللی به عملکرد سالانه محصول در کشور 53/77 کیلوگرم در هکتار بوده است. میانگین هزینه‌های برنامه اصلاحی گندم این مرکز بین‌المللی در سال‌های 2002-1990 به طور تقریب 13/95 میلیون دلار بوده، به طوری‌که بازده مربوط به برنامه اصلاحی مرکز در مقیاس جهانی برابر 481/47 میلیون دلار براساس سال 2002 برآورد شده است. نسبت فایده به هزینه این برنامه اصلاحی نشان داد به ازای یک واحد سرمایه‌گذاری در تحقیقات برنامه اصلاح گندم 34 واحد منفعت نصیب جامعه گردید (Nalley, 2007). در خصوص اثر اقتصادی تحقیقات حفظ بهره‌وری در کشورهای در حال توسعه به صورت مطالعه موردی بر روی اصلاح مقاومت به زنگ قهوه‌ای در ارقام گندم در مرکز بین‌المللی اصلاح گندم و ذرت (سیمیت)[1] در مکزیک مطالعه‌ای انجام شد. در این پژوهش با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی شامل ارزش خالص کنونی، نرخ بازده داخلی و شاخص فایده – هزینه به برآورد بازده سرمایه‌گذاری در تحقیقات پرداخته شد. طبق نتایج، ارزش خالص کنونی سرمایه‌گذاری در تحقیقات سیمیت با نرخ تنزیل پنج درصد در حدد 5/36 میلیارد دلار (بر حسب دلار سال 1990) محاسبه گردید. نسبت فایده به هزینه فعالیت‌های تحقیقاتی برابر با 27 محاسبه گردید، به این مفهوم که یک واحد سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های تحقیقاتی 27 واحد منافع به همراه داشته است. نرخ بازده داخلی سرمایه‌گذاری در تحقیقات مورد نظر در سمیت طی دوره (2007 - 1967) به میزان 41 درصد برآورد شد. بنابراین شاخص‌های محاسبه شده تأکیدی بر اهمیت اقتصادی تحقیقات حفظ بهره‌وری در برنامه‌های اصلاح نباتات داشته است (Marasas et al., 2003). در مطالعه بازده سرمایه‌گذاری تحقیقات و ترویج رقم اصلاح شده گندم آبی مهدوی در استان اصفهان نتایج نشان داد که به ازای یک ریال سرمایه‌گذاری در تحقیقات این رقم، منفعت حاصله هشت ریال می‌باشد، بنابراین سرمایه‌گذاری تحقیقاتی در توسعه، معرفی و ترویج رقم گندم مهدوی، دارای توجیه اقتصادی می‌باشد (Nikooei et al., 2006). در مطالعه بازده سرمایه‌گذاری تحقیقات ارقام اصلاح شده گندم آبی دهه 1370 با استفاده از روش‌های اقتصاد مهندسی به این نتیجه رسیدند که به ازای یک ریال سرمایه‌گذاری در تحقیقات 12 رقم گندم آبی اصلاح شده در دهه 70، منفعت حاصله 25/8 ریال می‌باشد، ضمناً نرخ بازده سرمایه‌گذاری در تحقیقات ارقام مورد مطالعه 77/8 درصد برآورد گردید. بنابراین با توجه به نتایج حاصله،

1- International maize and wheat improvement center (CIMMYT)

سرمایه‌گذاری تحقیقاتی در توسعه، معرفی و ترویج ارقام گندم آبی مورد مطالعه، دارای توجیه اقتصادی است (Asadi, 2007).

اهداف پژوهش حاضر، تعیین میزان انتقال تابع عرضه ارقام و میزان تأثیر برنامه اصلاح ارقام در کاهش هزینه تولید محصول، تعیین بازدهی برنامه اصلاح ارقام گندم نان آبی معرفی شده با منشا ملی و بین‌المللی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در بررسی بازدهی اقتصادی تکنولوژی‌ها معمولاً از روش‌های Ex-post و Ex-ante استفاده می‌گردد. روش Ex-post به رویکردی اطلاق می‌گردد که با استفاده از اطلاعات موجود در مورد منافع تحقیقاتی که نتایج آن در گذشته به اجرا درآمده و یا هم اکنون در حال اجراست به ارزیابی تحقیقات می‌پردازد، ولی روش Ex-ante رویکردی است که با پیش‌بینی نتایج حاصل از کاربرد یافته‌های تحقیقاتی در آینده، به ارزیابی تحقیقات پیش از اجرای نتایج آن‌ها می‌پردازد (Brennan et al., 2002). معیارهای سنجش این رویکردها، بررسی میزان انتقال منحنی عرضه ارقام ناشی از برنامه اصلاحی با احتساب میزان کاهش هزینه ناشی از برنامه اصلاحی، معیار نسبت هزینه-فایده و نرخ بازده داخلی تولید ارقام در برنامه می‌باشد. در تحلیل فایده به هزینه، ارزش کنونی منافع نسبت به ارزش کنونی هزینه‌ها سنجیده می‌شود. این روش بر پایه مفهوم نظری گردش نقدی تنزیل شده استوار است. در این تحلیل عواید حاصل از یک برنامه تحقیقاتی با در نظر گرفتن عنصر زمانی ارزش پول طی پذیرش نتایج تحقیقات توسط زارعین با ارزش مخارج تحقیقاتی و ترویج رقم مورد مقایسه قرار داده می‌شود. در این روش ویژگی‌های یک برنامه تحقیقاتی و تأثیر آن مدنظر قرار می‌گیرد که شامل مخارج سالانه برنامه تحقیقات و ترویج رقم، مدت انجام تحقیقات جهت تولید تکنولوژی، منافع حاصله، درصد پذیرش نتایج تحقیقاتی بر اساس سطح زیرکشت ارقام، عمر جایگزینی ارقام می‌باشد. در رویکرد نرخ بازده داخلی، هدف برآورد نرخی است که ارزش حال خالص برنامه تحقیقاتی اصلاح رقم را صفر نماید یا ارزش کنونی منافع ناخالص برنامه را برابر ارزش کنونی هزینه‌های انجام شده نماید. برخی محققین معتقدند که انتخاب درست رویکردهای تحقیقاتی و تخصیص بهینه منابع تحقیقاتی نیازمند یک تحلیل فایده به هزینه در برنامه اصلاح محصولی می‌باشد. در ادبیات اقتصادی، اثرات افزایش بهبود ژنتیکی عملکرد یک رقم جدید نتیجه انتقال منحنی عرضه آن رقم می‌باشد (Brennan et al., 2002; Shahnavazi & Hosaini, 2011). برخی محققین جهت برآورد میزان کاهش هزینه و درصد شیفت منحنی عرضه ناشی از بهبود عملکرد ارقام در برنامه اصلاح محصول تحت شرایط تحقیقاتی، از روش زیر استفاده نموده‌اند (Brennan et al., 2002):

$$C_{vb} = (TC_h / y_{v\,(without)}) - (TC_h / y_{v\,(with)})$$ معادله (1)

$$PSS = C_{vb} / P_w$$ معادله (2)

که در این معادله‌ها، C_{vb}: کاهش هزینه ناشی از اثرات استمرار برنامه اصلاح و تولید رقم جدید، TC_h: هزینه در هکتار تولید محصول، $Y_{v(without)}$: عملکرد رقم شاهد در برنامه اصلاح محصول، $Y_{v(with)}$: عملکرد رقم جدید با مساعدت استمرار برنامه اصلاح محصول، PSS: درصد انتقال منحنی عرضه ناشی از اثرات استمرار برنامه اصلاح محصول و P_w: قیمت هر کیلو محصول می‌باشد.

منافع ناخالص ناشی از تولید ارقام گندم نان آبی مورد مطالعه در سال‌های مختلف عمر اقتصادی رقم در اقلیم‌های مختلف (B) و شیفت سالانه بهبود ژنتیکی ارقام ناشی از برنامه اصلاح محصول (K) به صورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$B_t = P_t \times Q_t \times K_t$$ معادله (3)

$$K_t = \sum V_{it} \times g_i$$ معادله (4)

که در این معادله‌ها، P_t: قیمت محصول در سال t، Q_t: میزان تولید در سال t، K_t: انتقال سالانه در تولید ارقام ناشی از برنامه اصلاح محصول، V_{it}: نسبت سطح زیرکشت رقم i در دوره مطالعه t و g_i: بهبود ژنتیکی یا بهره‌وری نسبت داده شده به رقم i می‌باشد.

هزینه‌های متغیر ناشی از تحقیقات و ترویج ارقام گندم در سال‌های آزمایش (TVC)[1] به صورت زیر محاسبه شد:

$$TVC = C^s S + C_{vt}$$ معادله (5)

به طوری‌که در این معادله، S: تعداد اصلاح‌گران و تکنیسین‌های مرتبط به صورت تمام وقت در سال در برنامه، C^s: هزینه هر محقق و تکنیسین در سال t و C_{vt}: هزینه‌های متغیر و ثابت تولیدی تحقیق و ترویج رقم در سال t می‌باشد.

با توجه به منافع و هزینه‌های برنامه اصلاح ارقام گندم آبی، جهت

1- Total variable cost

ارزیابی و تحلیل اقتصادی توجیه سرمایه‌گذاری بهبود ژنتیکی در تحقیقات برنامه اصلاح محصول از شاخص های سودآوری ارزش حال خالص (NPV)[1]، نسبت فایده به هزینه (BCR)[2] و نرخ بازده داخلی (IRR)[3] استفاده گردید (Soltani, 2007; Braunschweig, 1999).

با توجه به مدل ریاضی NPV، اگر ارزش حال خالص برنامه مثبت باشد اجرای برنامه اقتصادی خواهد بود.

$$NPV_t = PV(B)_t - PV(TVC)_t$$ معادله (6)

در این معادله، NPV_t ارزش حال خالص برنامه اصلاح در دوره مطالعه t، PV(B): ارزش حال منافع سرمایه‌گذاری در برنامه اصلاحی در دوره مطالعه t و $PV(TVC)_t$: ارزش حال هزینه‌های سرمایه‌گذاری در برنامه اصلاحی در دوره مطالعه t می‌باشد.

ارزش حال منافع سرمایه‌گذاری در برنامه انتخابی در سال t شامل یک جریان منافع تحقیقاتی در یک دوره تحلیل n سال به صورت زیر محاسبه شد:

$$PV(B)_t = B_t + B_{t+1}/(1+r) + B_{t+2}/(1+r)^2 + ... + B_{t+n}/(1+r)^n$$

$$PV(B)_t = \sum_{j=0}^{n} \frac{B_{(t+j)}}{(1+r)^j}$$

معادله (7)

که در این معادله، r: نرخ تنزیل مناسب یا نرخ بهره بلندمدت بانک‌ها است.

ارزش حال هزینه برنامه انتخابی در یک دوره زمانی به صورت زیر محاسبه گردید:

$$PV(C)_t = \sum_{t=0}^{n} \frac{TVC}{(1+r)^i}$$ معادله (8)

$$TVC = C^s S + C_{vt}$$ معادله (9)

بنابراین ارزش حال خالص برنامه اصلاح گندم آبی برابر است با:

$$NPV_t = \sum_{t=0}^{n} \left[\frac{(P_t \times Q_t \sum (V_{it} \times g_i) - [(S \times C^s) + C_{vt}]}{(1+r)^t} \right]$$

معادله (10)

با توجه به مدل ریاضی B/C، اگر این نسبت بزرگ‌تر از واحد باشد نشان‌دهنده آن است که ارزش حال ناخالص برنامه بیشتر از ارزش حال هزینه‌های برنامه می‌باشد. بنابراین، اجرای برنامه اقتصادی خواهد بود.

$$B/C = PV(B)_t / PV(TVC)_t$$ معادله (11)

با توجه به مدل ریاضی IRR، نرخ بازده داخلی برنامه نرخی است که ارزش حال خالص برنامه را برابر صفر سازد. به عبارت دیگر، نرخی است که ارزش حال ناخالص برنامه اصلاحی را برابر ارزش حال هزینه‌های سرمایه‌گذاری نماید. اگر این نرخ برآورد شده بزرگ‌تر از نرخ تنزیل یا نرخ بهره بلندمدت بانک‌ها باشد، اجرای برنامه اقتصادی خواهد بود. مدل ریاضی این رویکرد به صورت زیر خواهد بود:

$$NPV_t = 0$$ معادله (12)

$$0 = \sum_{t=0}^{n} \left[\frac{(P_t \times Q_t \sum (V_{it} \times g_i) - [(S \times C^s) + C_{vt}]}{(1+r)^t} \right]$$ معادله (13)

بنابراین با توجه به تحلیل هزینه-فایده، اجرای برنامه اصلاح گندم آبی و بهبود ژنتیکی حاصله در ارقام در صورتی اقتصادی خواهد بود که داشته باشیم:

$$IRR_t \succ r$$
$$B/C \succ 1$$ معادله (14)
$$NPV_t \succ 0$$

در بررسی حاضر، ارقام مورد مطالعه شامل 23 رقم گندم نان آبی معرفی شده طی سال‌های 89-1380 در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال و بخش اصلاح بذر مراکز تحقیقات کشاورزی استان‌ها بوده است. ارقام معرفی شده از دو منشا با تلاقی‌های داخلی به تعداد 17 رقم از جمله ارقام پیشتاز، شیراز، هامون، شهریار، دریا، مغان 3، آرتا، سپاهان، بم، نیشابور، سیستان، پیشگام، پارسی، ارگ، سیوند، اروم و میهن و شش رقم دارای منشا بین‌المللی شامل ارقام دز، توس، بهار، مروارید، افلاک و زارع بوده است (Anonymous, 2014). تقسیم‌بندی مناطق زراعی آبی کشور برای انجام تحقیقات به نژادی و به زراعی در کشور شامل اقلیم گرم و مرطوب سواحل دریای خزر (استان‌های مازندران، گلستان، گیلان و بخش‌هایی از استان اردبیل (مغان) با متوسط بارندگی سالانه بین 1000-350 میلی‌متر و مناسب کشت برای ارقام مورد مطالعه آرتا، مغان 3، دریا و مروارید، اقلیم گرم و خشک جنوب (استان‌های خوزستان، هرمزگان و قسمت-های جنوبی استان‌های فارس، کهگیلویه و بویراحمد، لرستان، کرمان، سیستان و بلوچستان و طبس با متوسط بارندگی سالانه بین 200-40

1- Net present value
2- Benefit cost ratio
3- Internal rate of return

میلی‌متر و مناسب کشت برای ارقام مورد مطالعه هامون و افلاک، اقلیم معتدل (استان‌های تهران، اصفهان، یزد و قسمت‌های از استان-های فارس، خراسان، لرستان، کرمان، کرمانشاه و سیستان و بلوچستان با متوسط بارندگی سالانه بین 300-200 میلی‌متر و مناسب کشت برای ارقام مورد مطالعه پیشتاز، سپاهان، بم، دز، نیشابور، سیستان، بهار، پارسی، ارگ، سیوند و افق، اقلیم سرد (استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، کردستان، همدان، قزوین، مرکزی، چهارمحال بختیاری و قسمت‌های از شمال استان‌های خراسان، اصفهان و کهگیلویه و بویراحمد با متوسط بارندگی سالانه بین 1800-200 میلی‌متر و مناسب کشت برای ارقام مورد مطالعه پیشگام، اروم، توس، شهریار، میهن و زارع می‌باشد (Esfandiarypoor et al., 2013). سیستم محیطی سازگار با کشت ارقام براساس سیستم طبقه-بندی مرکز بین‌المللی ذرت و گندم یا ME[1] بوده است. بر اساس این طبقه‌بندی، سیستم ME_1 (مناطق آبی با بارندگی کمتر از 500 میلی-متر)، ME_2 (مناطق آبی با بارندگی زیاد و بیشتر از 500 میلی‌متر)، ME_3 (مناطق آبی با بارندگی زیاد و دارای محیط خاک اسیدی)، ME_4 (مناطق آبی با بارندگی کم و دارای زمستان غالب)، ME_5 (مناطق آبی با بارندگی زیاد و دارای شرایط داغ)، ME_6 (مناطق آبی با بارندگی متوسط دارای تابستان‌های غالب)، ME_7 (مناطق با بارندگی کم و دارای سرمای متوسط)، ME_8 (مناطق آبی با بارندگی زیاد و دارای سرمای متوسط)، ME_9 (مناطق آبی با بارندگی کمتر از 400 میلی‌متر و سرمای متوسط)، ME_{10} (مناطق آبی دارای سرمای شدید و نیازمند آبیاری تکمیلی)، ME_{11} (مناطق آبی با بارندگی بیشتر از 500 میلی‌متر و سرمای شدید) و ME_{12} (مناطق با بارندگی بین 450-350 میلی‌متر و دارای سرمای شدید و نیمه‌خشک) می‌باشد. طبق اطلاعات موجود شرایط محیطی مناسب برای کشت ارقام گندم نان آبی در کشور شامل شرایط ME_1، ME_2، ME_7 و ME_{10} می‌باشد (Wheat Atlas, 2015). طبق گزارشات معرفی ارقام و نظرات کارشناسی به نژادگران مؤسسه و مراکز تحقیقات کشاورزی استان‌ها، ارقام گندم نان آبی پیشتاز، شیراز، دز، هامون، دریا، مغان 3، آرتا، سپاهان، سیستان، بهار، پارسی، افلاک، سیوند، ارگ، بم و نیشابور مناسب کشت در محیط ME_1، رقم مروارید مناسب کشت در محیط ME_2، ارقام توس و پیشگام مناسب کشت در محیط ME_7 و ارقام شهریار، اروم، زارع و میهن مناسب کشت در محیط ME_{10} مشخص گردید. از 23 رقم مورد مطالعه طی سال‌های 89-1380، ارقام دارای تیپ رشد بهاره، بینابین و زمستانه به ترتیب 70، 17 و 13 درصد بوده است. روش انجام این پژوهش، استفاده از روش‌های Ex-post و Ex-ante و معیارهای سنجش این رویکردها بر اساس مطالعه (Brennan et al., 2002) بوده است. نرخ تنزیل در محاسبات معیارهای اقتصادی بر اساس نرخ بهره بلندمدت بانک‌ها (18/5درصد) بوده است. در این بررسی دو دوره تحلیل مدنظر بوده به طوری‌که دوره اول به نام دوره سرمایه‌گذاری برای انجام آزمایشات (از زمان شروع آزمایش تا یک سال قبل از معرفی رقم) و دوره دوم به نام دوره ایجاد منافع (از زمان معرفی و کشت رقم تا سال جایگزینی رقم با نظر اصلاح‌گران) مشخص گردید. جهت دستیابی به داده‌های مورد نیاز، اطلاعات هزینه‌ای و درآمدی لازم از بخش‌های تحقیقاتی و مالی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال و واحدهای تابعه در مراکز تحقیقات کشاورزی استان‌ها، دفتر فناوری و اطلاعات معاونت برنامه-ریزی اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، معاونت آموزش و ترویج سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تهیه و جمع‌آوری گردید. برای برآورد داده‌های هزینه تحقیقات ارقام مورد مطالعه، با توجه به نوع و ماهیت آزمایشات انجام شده برای ارقام مورد مطالعه، ابتدا با مراجعه به پروژه‌های مصوب اجرا شده مرتبط با شناسنامه گزارش ارقام، بر اساس شماره‌های مصوب، هر یک از پروژه‌ها از بخش تحقیقات غلات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و واحدهای تابعه در مراکز جمع‌آوری و بسته به نوع پروژه، تعداد محل‌های اجرا، مدت اجرا و تعداد مجریان و تکنیسین‌های دخیل در اجرا برای هر پروژه شناسایی شد. سپس با توجه به میزان حقوق و دستمزد براساس حکم کارگزینی و اضافه‌کار دریافتی از امور مالی مؤسسه، بخشی از اطلاعات هزینه‌ای استخراج گردید برای دستیابی به اطلاعات هزینه‌های مختلف اجرای آزمایشات از جمله مواد و نهاده‌های مصرفی، هزینه مأموریت مجریان، هزینه کارگران فصلی و سایر هزینه‌ها از شناسنامه پروژه و هزینه سربار از مستندات امور مالی مؤسسه استفاده شد. با در نظر گرفتن این‌که در سال معرفی ارقام در مؤسسه و واحدهای تابعه در استان‌ها، هفته انتقال یافته و روز مزرعه برای ارقام معرفی شده برای کارشناسان ترویج مدیریت‌های کشاورزی مناطق برگزار می‌گردد، هزینه آن‌ها بر اساس تعداد روز نفر شرکت کننده و نرم هزینه‌ای مربوطه از واحد انتقال یافته مؤسسات ذی‌ربط تهیه و محاسبات لازم

1- CIMMYT megaenvironment

انجام گردید. درآمد ناخالص ارقام مورد مطالعه، با استفاده از شاخص سطح زیرکشت رقم جدید طی سال‌های جایگزینی طبق آمار دفتر فناوری و اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی (سال‌های جایگزینی طبق نظر اصلاح‌گران حداقل شش سال در نظر گرفته شد)، میزان نیاز بذری استان‌ها به ارقام مختلف، میانگین بذر توصیه شده ارقام گندم نان آبی، قیمت تضمینی گندم در سال‌های مختلف و برتری عملکرد ارقام جدید نسبت به شاهد برآورد شد.

فرضیه‌های پژوهش آن است که: اولاً بهبود ژنتیکی برنامه اصلاح ارقام گندم باعث کاهش هزینه و افزایش بهره‌وری در طول دوره مورد مطالعه شده است. ثانیاً، بازده اقتصادی تولید بهبود ژنتیکی برنامه اصلاح ارقام گندم آبی بالا است.

نتایج و بحث

اثربخشی برنامه به نژادی گندم آبی در بهبود عملکرد، کاهش هزینه و شیفت تابع عرضه ارقام

برای ارقام دارای منشا ملی، طبق برآورد، میانگین کاهش هزینه ناشی از برنامه اصلاحی برای هر کیلو محصول ارقام جدید گندم نان معرفی شده در سال‌های 81، 1385، 1387، 1388 و 1389 به ترتیب 49، 121/9، 206/2، 119/4 و 96/2 ریال مشخص شده است. میانگین شیفت منحنی عرضه رقم ناشی از برنامه اصلاحی برای ارقام گندم نان معرفی شده در سال‌های 81، 1385، 1387، 1388 و 1389 به ترتیب 6/75 درصد، 5/9 درصد، 6/8 درصد، 3/6 درصد و 2/7 درصد محاسبه گردید. برای ارقام دارای منشا بین‌المللی، میانگین کاهش هزینه ناشی از برنامه اصلاحی برای هر کیلو محصول ارقام جدید گندم نان معرفی شده در سال‌های 81، 86، 88 و 89 به ترتیب 54/6، 61/2، 182/1 و 82/5 ریال مشخص شده است. میانگین انتقال منحنی عرضه رقم ناشی از برنامه اصلاحی برای ارقام گندم نان معرفی شده در سال‌های 81، 86، 88 و 89 به ترتیب 4/2 درصد، سه درصد، 5/5 درصد و 2/3 درصد محاسبه گردید.

بازدهی اقتصادی ارقام معرفی شده گندم آبی

هزینه تحقیقات و ترویج

با توجه به اطلاعات جمع‌آوری شده، تعداد سایت‌های اجرا برای اجرای آزمایشات در برنامه‌های اصلاح گندم نان آبی برای 23 رقم معرفی شده در دهه 80 طی سال‌های 89-1380 حدود 1759 سایت بوده که به تفکیک سهم سایت‌های اجرای آزمایشات به نژادی، به زراعی، بیماری‌ها، تحقیقی-ترویجی و تحقیقی تطبیقی به ترتیب 44/3 درصد، 1/7 درصد، 46 درصد، 4/7 درصد و 3/1 درصد، تعداد مجریان برای اجرای آزمایشات 2876 نفر بوده که به تفکیک سهم مجریان در اجرای آزمایشات به نژادی، به زراعی، بیماری‌ها، تحقیقی-ترویجی و تحقیقی تطبیقی به ترتیب 48 درصد، 2/9 درصد، 36/3 درصد، 8 درصد و 4/6 درصد، هزینه مجریان و تکنیسین‌ها برای اجرای آزمایشات 189527 میلیون ریال مشخص گردیده که به تفکیک سهم هزینه مجریان و کارشناسان در اجرای آزمایشات به نژادی، به زراعی، بیماری‌ها، تحقیقی-ترویجی و تحقیقی تطبیقی به ترتیب 33/5 درصد، 1/7 درصد، 45/2 درصد، 9/3 درصد و 9/8 درصد و هزینه اجرای آزمایشات و تبادلات ژرم پلاسم 17639/3 میلیون ریال بوده که به تفکیک سهم هزینه اجرای پروژه‌ها در اجرای آزمایشات به نژادی و تبادلات ژرم پلاسم، به زراعی، بیماری‌ها، تحقیقی-ترویجی، تحقیقی تطبیقی و کیفیت به ترتیب 35/8 درصد، 1/7 درصد، 56/2 درصد، 3/1 درصد، 3/1 درصد و 0/1 درصد برآورد شده است (جدول 2).

طبق اطلاعات به دست آمده، میانگین حقوق ماهیانه محقق مجری و کارشناس مربوطه در اجرای آزمایشات در سال‌های 89-1385 به ترتیب 12/6 و شش میلیون ریال گزارش گردید. هزینه برگزاری هفته انتقال یافته و روز مزرعه در سال‌های 89-1385 به ترتیب 7/7 و 6/5 میلیون ریال برای هر روز بوده است. میانگین هزینه اجرای یک پروژه تحقیقاتی به نژادی و به زراعی در پروژه‌های مستقل در سال‌های 89-1385 به ترتیب 13/4 و 17/2 میلیون ریال، در پروژه‌های ملی به ترتیب 15/5 و 20/3 میلیون ریال مشخص گردید. میانگین هزینه پروژه‌های تحقیقی-ترویجی و تحقیقی-تطبیقی در سال‌های 89-1385 به ترتیب 12 و 19 میلیون ریال بوده است (جدول‌های 3 و 4).

جدول 1- آثار برنامه اصلاح محصول ارقام گندم نان آبی بر عملکرد، هزینه و شیفت عرضه طی سال‌های 89-1380

Table 1- Impact of irrigated wheat breeding program on yield, cost and shift of supply during 2000-2010

سال معرفی Released year	منشا رقم Region — رقم Variety	ارقم Varieties	آثار برنامه اصلاحی بر عملکرد Impact of breeding program on yield — میزان افزایش عملکرد رقم جدید (کیلوگرم در هکتار) Increasing of yield in new variety (kg.ha^{-1})	سال معرفی Released year	آثار برنامه اصلاحی بر هزینه Impact of breeding program on cost — هزینه تولید رقم جدید (ریال به ازای هر کیلو) Production cost of new variety (rial.kg^{-1})	هزینه تولید رقم شاهد (ریال به ازای هر کیلو) Production cost of test variety (rial.kg^{-1})	کاهش هزینه رقم جدید (ریال به ازای هر کیلو) Cost reduction in new variety (rial.kg^{-1})	شیفت عرضه (درصد) Shift of supply (%)
2002	ملی National	پیشتاز Pishtaz	396	5.7	539.2	569.8	30.5	2.3
		شیراز Shiraz	312	4.5	547.4	571.9	24.5	1.9
		هامون Hamoon	920	16.7	621.6	725.6	104	8
		شهریار Sharyar	720	17.4	594	631	37	14.8
	بین‌المللی International	دز Dez	338	5.8	648.9	686.7	37.8	2.9
		توس Tus	640	11.3	632.5	703.9	71.4	5.5
2006	ملی National	Darya دریا	334	6.1	1101.7	1168.9	67.2	3.3
		مغان 3 Moghan 3	704	11.9	964.2	1078.5	114.3	5.6
		آرتا Arta	455	7.7	1008.7	1086.6	77.9	3.8
		سپاهان Sepahan	394	5.9	906.7	960.3	53.6	2.6
		بم Bam	720	17.4	1318.6	1548.2	229.5	11.2
		نیشابور Nishaboor	393	9.5	1413.8	1548.2	134.3	6.5
		سیستان Sistan	442	11.7	1513	1689.5	176.5	8.6
2007	بین‌المللی International	بهار Bahar	393	6	1016.2	1077.5	61.2	3
2008	ملی National	پیشگام Pishgam	1326	21.4	963.9	1170.1	206.2	6.8
2009	ملی National	پارسی Parsi	244	2.9	1041.8	1072.3	30.5	0.92
		ارگ Arg	503	13.5	2112.4	2397.3	284.9	8.6
		سیوند Sivand	346	4.2	1029.5	1072.3	42.8	1.3
	بین‌المللی International	مروارید Morvarid	685	12.5	1453.1	1635.2	182.1	5.5
2010	ملی National	میهن Mihan	700	9.9	1635	1796.5	161.5	4.5
		اروم Urom	130	1.8	1724.7	1755.7	31	0.86
	بین‌المللی International	زارع Zare	300	4.1	1686.4	1756.1	69.7	1.94
		افلاک Aflak	250	4.4	2158	2253.4	95.4	2.65

Sources: Research results — مأخذ: نتایج تحقیق

جدول 2- هزینه اجرای آزمایشات، مجریان و همکاران به تفکیک ماهیت آزمایشات در تولید و معرفی ارقام گندم نان آبی طی سال‌های 89-1380 (واحد: میلیون ریال)

Table 2- The cost of projects, cost of researchers and colleagues based on type of project in released irrigated bread wheat varieties during 2000-2020 (unit: million rial)

نوع پروژه Type of project	تعداد سایت Number of sites	تعداد مجریان Number of researchers	تعداد همکاران Number of colleagues	هزینه مجریان Cost of researchers	هزینه همکاران Cost of colleagues	کل هزینه مجریان و همکاران Total cost of researchers and colleagues	هزینه اجرای پروژه و تبادلات ژدم پلاسم Cost of project and jermplasm exchanges
به نژادی ارقام با منشا ملی Breeding varieties with the national origin	646	1158	609	37353.7	20678.1	58032.4	4845.4
به نژادی ارقام با منشا بین المللی Breeding varieties with international origin	134	223	73	4328.4	1144.1	5472.7	1474.4
کل به نژادی Total of breeding	780	1381	682	41682.2	21822.2	63505.1	6319.8
بیماری Pathology	811	1043	322	71824.8	13805.9	85631.4	9906.3
به زراعی Agronomy	30	82	36	2364.7	898	3262.7	292.6
کیفیت Quality	2	6	4	707.5	250.2	957.7	31.1
تحقیقی تطبیقی On-farm	54	133	81	13705.1	4892.2	18596.7	547.3
تحقیقی ترویجی Research-for development	82	231	90	13690.5	3883.1	17573.4	542.2
کل Total	1759	2876	1215	143974.8	45551.6	189527	17639.3

Sources: Research results — مأخذ: نتایج تحقیق

جدول 3- میانگین هزینه مجریان و کارشناسان، برگزاری هفته انتقال یافته و روز مزرعه گندم طی سال‌های 89-1380

Table 3- The mean of cost for researchers and colleagues, held of achievements transfer week and field day of wheat during 2000-2010

سال Year	حقوق ماهیانه پژوهشگران (ریال برای هر ماه) Salary of researchers (Rial per month)	حقوق ماهیانه تکنیسین‌ها (ریال برای هر ماه) Salary of technisian (Rial per month)	هفته انتقال یافته (ریال برای هر روز) Technology transfer week (Rial per day)	روز مزرعه (ریال برای هر روز) Field day (Rial per day)
2002-2005	**4419556**	**2783064**	**3115861**	**2596551**
2006-2010	**12637389**	**6031474**	**7750462**	**6458719**

Sources: Research results — مأخذ: نتایج تحقیق

درآمد ناخالص و سودآوری ارقام

طبق برآورد، ارزش حال درآمد خالص معرفی 23 رقم گندم نان آبی در سال‌های 89-1380 به میزان 26797 میلیارد ریال مشخص گردید. در این دوره، نسبت فایده به هزینه نشان داد به ازای یک ریال سرمایه‌گذاری 18/1 منفعت بخش شده است. نرخ بازده سرمایه‌گذاری در تحقیقات ارقام مورد مطالعه 50/5 درصد محاسبه شد (جدول 5). طبق برآورد، در دوره تحلیل‌های مختلف هزینه‌ای و درآمدی بسته به سال‌های معرفی ارقام، ارزش حال درآمد خالص، میانگین نسبت فایده

به هزینه و میانگین نرخ بازده سرمایه‌گذاری معرفی چهار رقم گندم نان آبی معرفی شده در سال 1381 (ارقام پیشتاز، شیراز، هامون و شهریار) با منشا ملی در دوره تحلیل (94-1361) به ترتیب 8361/4 میلیارد ریال، 55/5 و 50/9 درصد محاسبه گردید. ارزش حال درآمد خالص، میانگین نسبت فایده به هزینه و میانگین نرخ بازده سرمایه-گذاری معرفی هفت رقم گندم نان آبی در سال 1385 با منشا ملی در دوره تحلیل (94-1366) به ترتیب 790 میلیارد ریال، 3/1 و 30/3 درصد محاسبه گردید. ارزش حال درآمد خالص، میانگین نسبت فایده به هزینه و میانگین نرخ بازده سرمایه‌گذاری معرفی یک رقم گندم نان آبی در سال 1387 در دوره تحلیل (94-1371) به ترتیب 9333 میلیارد ریال، 155/5 و 90/9 درصد برآورد شد. ارزش حال درآمد خالص، میانگین نسبت فایده به هزینه و میانگین نرخ بازده سرمایه‌گذاری معرفی سه رقم گندم نان آبی در سال 1388 (پارسی، ارگ و سیوند) در دوره تحلیل (94-1371) به ترتیب 165/3 میلیارد ریال، 2/4 و 27/3 درصد محاسبه گردید. ارزش حال درآمد خالص، میانگین نسبت فایده به هزینه و میانگین نرخ بازده سرمایه‌گذاری معرفی رقم گندم نان آبی میهن در سال 1389 در دوره تحلیل (95-1371) به ترتیب 755/3 میلیارد ریال، 10 و 50/1 درصد محاسبه شد. طبق برآورد، ارزش حال درآمد خالص معرفی دو رقم گندم نان آبی با منشا بین‌المللی (ارقام دز و توس) در سال 1381 به میزان 192/6 میلیارد ریال محاسبه شد. میانگین نسبت فایده به هزینه نشان داد به ازای یک ریال سرمایه‌گذاری در دوره تحلیل (94-1361) برای ارقام معرفی شده در این سال 3/5 منفعت نصیب بخش شده است. میانگین نرخ بازده سرمایه‌گذاری در تحقیقات ارقام مورد مطالعه این سال 39/3 درصد محاسبه گردید. ارزش حال درآمد خالص معرفی یک رقم گندم نان آبی در سال 1386 به میزان 1552 میلیارد ریال محاسبه شد.

جدول 4- میانگین هزینه اجرای یک پروژه تحقیقاتی، پروژه تحقیقی-ترویجی و تحقیقی-تطبیقی در برنامه اصلاح گندم طی سال‌های 89-1380

Table 4- The mean of cost implementation for research project, research-extension and research-comparative in wheat breeding program during 2000-2010

سال Year	پروژه تحقیقاتی منطقه‌ای (ریال) Regional research project (Rials)		پروژه تحقیقاتی ملی (ریال) National research project (Rials)		پروژه تحقیقی ترویجی (ریال) Research-extension project (Rials)	پروژه تحقیقی تطبیقی (ریال) Research-comparative project (Rials)
	به نژادی Agronomy	به زراعی و بیماری‌ها Agronomy/pathology	به نژادی Agronomy	به زراعی و بیماری‌ها Agronomy/pathology		
2002-2005	7594800	9750200	8774800	11520400	6315952	-
2006-2010	13384400	17183000	15464600	20303000	12037644	19039400

Sources: Research results مأخذ: نتایج تحقیق

جدول 5- گردش نقدی ارقام گندم نان آبی معرفی شده طی سال‌های 89-1380 (واحد: میلیون ریال)

Table 5- Cash flow of released irrigated bread wheat varieties during 2001-2010 (Unit: million Rials)

دوره تحلیل Period	درآمد ناخالص Gross income	هزینه Cost	ارزش حال درآمد ناخالص Present value of gross income	ارزش حال هزینه Present value of cost	ارزش حال خالص Net present value
1982-1986	0	14	0	2286.6	-2286.6
1987-1991	0	358	0	25673	-25673
1992-1996	0	3119.8	0	95379	-95379
1997-2001	351	25574	3779	337750	-333971
2002-2006	248533	132785	1290451	784537	505913
2007-2011	2195588	91294	5428374	318772	5109602
2012-2016	17722467	0	21638435	0	21638435
کل Total	20166938	253145	28361038	1564398	26796641
نسبت فایده به هزینه Benefit-cost ratio	18.1		نرخ بازده داخلی Internal rate of return	50.5%	

Sources: Research results مأخذ: نتایج تحقیق

جدول 6- گردش نقدی ارقام گندم نان آبی معرفی شده با منشا مختلف طی سال‌های 89-1380

Table 6- Cash flow of released irrigated bread wheat variety with different origines during 2001-2010

سال معرفی Year of release	منشا رقم Region of variety	ارقام Varieties	ارزش حال خالص (میلیون ریال) Net present value (Billion Rials)	نسبت فایده به هزینه Benefit-cost ratio	نرخ بازده داخلی (درصد) Internal rate of return (%)
2002	ملی National	پیشتاز Pishtaz	5927	147	61.6
		شیراز Shiraz	827.4	21.5	58.7
		هامون Hamoon	1438	49.2	52.7
		شهریار Shahryar	169	4.5	30.8
	بین‌المللی International	دز Dez	104	4.2	47
		توس Tous	88.6	2.9	31.6
	کل Total		8554	37	50.1
2006	ملی National	Darya دریا	121	4	31.7
		آرتا Arta	173.5	5.5	34.37
		سپاهان Sepahan	102	2.8	24.5
		بم Bam	459	7	39.1
		سیستان Sistan	15.1	1.2	19.6
		کل Total	790	3.1	30.3
2007	بین‌المللی International	بهار Bahar	1552	13.2	51.4
2008	ملی National	پیشگام Pishgam	9333	155.5	90.9
2009	ملی National	پارسی Parsi	75.1	1.8	24.7
		ارگ Arg	64.6	1.9	24.8
		سیوند Sivand	256	3.4	32.4
	بین‌المللی International	مروارید Morvarid	5609	76.6	111
	کل Total		6005	18	51.1
2010	ملی National	میهن Mihan	755.3	10	50.1
	کل Total		547	2.3	29.4

Sources: Research results — مأخذ: نتایج تحقیق

نسبت فایده به هزینه نشان داد به ازای یک ریال سرمایه‌گـذاری در دوره تحلیل (94-1371) برای رقم معرفی شده در این سـال 13/2 منفعت نصیب بخش شده است. نرخ بازده سرمایه‌گذاری در تحقیقـات رقم مورد مطالعه در این سال 51/4 درصد محاسبه گردید. ارزش حال درآمد خالص معرفی یک رقم گندم نان آبی (مروارید) در سـال 1388 به میـزان 5609 میلیـارد ریـال محاسـبه شـد. در دوره تحلیـل (94-

1371)، نسبت فایده به هزینه نشان داد به ازای یک ریال سرمایه‌گذاری 76/6 منفعت نصیب بخش شده است. نرخ بازده سرمایه‌گذاری در تحقیقات این رقم 111 درصد محاسبه گردید. (جدول 6).

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

طبق نتایج، میانگین کاهش هزینه ناشی از برنامه اصلاحی گندم نان برای هر کیلو محصول برای ارقام معرفی شده طی سال‌های 81، 85، 86، 87، 88 و 89 به ترتیب 45/3، 121/9، 61/2، 206/2، 135/1 و 89/4 ریال و میانگین شیفت تابع عرضه رقم ناشی از برنامه اصلاحی برای ارقام گندم نان معرفی شده طی سال‌های 81، 85، 86، 87، 88 و 89 به ترتیب 9/5 درصد، 5/94 درصد، سه درصد ، 6/8 درصد، 4/1 درصد و 2/5 درصد برآورد شد. ارزش کنونی درآمد خالص، نسبت فایده به هزینه و نرخ بازده سرمایه‌گذاری معرفی ارقام گندم نان آبی معرفی شده در سال 81 به ترتیب 8554 میلیارد ریال، 37 و 50/15 درصد، در سال 1385 به ترتیب 790 میلیارد ریال، 3/1 و 30/3 درصد، در سال 1386 در دوره تحلیل به ترتیب 1552 میلیارد ریال، 13/2 و 51/4 درصد، در سال 1387 در دوره تحلیل (95-1371) به ترتیب 9333 میلیارد ریال، 155/5 و 90/9 درصد، در سال 88 به ترتیب 6005 میلیارد ریال، 18 و 51/1 درصد و در سال 1389 به ترتیب 547 میلیارد ریال، 2/3 و 29/4 درصد محاسبه گردید. با توجه به نتایج مطالعه، سرمایه‌گذاری در مورد ارقام گندم نان آبی پیشتاز، پیشگام و مروارید دارای صرفه اقتصادی بیشتری نسبت به سایر ارقام مورد مطالعه بوده بنابراین پیشنهاد میگردد مؤسسات تحقیقاتی مرتبط ترتیبی اتخاذ نمایند تا چنین ارقامی در برنامه اصلاحی تولید و به کشاورزان معرفی گردد تا باعث افزایش درآمد گندمکاران گردد.

سپاسگزاری

نگارندگان از دانشگاه سیستان و بلوچستان و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر برای تهیه و تأمین امکانات و پشتیبانی علمی و فنی لازم برای اجرای این پژوهش صمیمانه سپاسگزاری می‌کنند.

منابع

Asadi, H. 2007. Investment Return in Wheat Research in Iran p. 467-479. In: Buck, H. T., Nisi, J.E., and Salomon, N. (Editors). Wheat production in stressed environments. Springer, The Netherlands.

Anonymous. 2014. Annual Reports. Seed and Plant Improvement Institute (SPII). Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ministry of Jihad-e-Agriculture 34 pp. (In Persian)

Brennan, J.P., Aw-Hassan, A., Quade, K.J., and Nordblom, T.L. 2002. Impact of ICARDA Research on Australian Agriculture, Economic Research Report. No. 11, NSW. Agriculture, Wagga Wagga 83 pp.

Braunschweig, T. 1999. Priority setting in agricultural biotechnology research: Supporting public decisions in developing countries with the analytic hierarchy process. PhD dissertation. Swiss Federal in Institute of Technology Zurich.

Byerlee, D., and Traxler, G. 1996. National and international wheat improvement research in the post-green revolution period: Evolution and Impact. American Journal of Agricultural Economics 77: 268-278.

Esfandiarypoor, E., Heydarpoor, D., Tavazo, M., Ahmadifar, M., and Khanchi, M. 2013. Multiplication and preparation of wheat program in 2014-2015. Wheat Project. Plant Production, Ministry of Jihad-e-Agriculture 227 pp. (In Persian)

Jalal Kamali, M.R., Najafi Mirak, T., and Asadi, H. 2012. Wheat: Research and Management Strategics in Iran. Published in Agricultural Education, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ministry of Jihad-e-Agriculture 227 pp. (In Persian)

Lantican, M.A., Braun, H.J., Payne, T.S., Sonder, K., Baum, M., Ginkel, M.V., and Erenstein, O. 2015. How wheat improvement research impacts the world. 9th International Wheat Conference, Sydney.

Marasas, C.N., Smale, M., and Singh, R.P. 2003. "The economic impact of productivity maintenance research: Breeding for leaf rust resistance in modern wheat. Agricultural Economics 14: 253-263.

Nalley, L.L. 2007. "The genetic and economic impact of the CIMMYT wheat breeding program: A policy analysis of public wheat breeding. PhD dissertation Kansas state university.

Nikooei, A., Bageri, A., Ghandi, A., and Zare, A. 2006. Study of investment return in agricultural researches: Case study of irrigated wheat research (Mahdavi variety) in Esfahan province. Agricultural Science 12(2): 251-260. (In Persian with English Summary)

Nikseresht, R., Mohammadi, A., Majidi Hervan, A., and Mostafavi, K.H. 2014. Study of advanced bread wheat lines in with and without drought stresses (F_7). Journal of Agroecology 6(1): 97-197. (In Persian with English Summary)

Soltani, G.R. 2007. Economic Engineering. Published in Shiraz university 295 pp. (In Persian)

Shahnavazi, A., and Hosaini, S. 2011. Assessment of economic benefits for research and extension Almond variety in Iran. Agricultural Economic and Development 25(2): 266-274. (In Persian with English Summary)

Voegele, J., and Kropff, M. 2016. Global wheat: Breeding returns billions in benefits but stable financing remains elusive. World bank working a world free of poverty. http://blogs.worldbank.org/voices/global-wheat-breeding-returns-billions-benefits-stable-financing-remains-elusive .

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 3, Fall 2016, p. 476-489

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 3، پاییز 1395، ص. 476-489

Economic Evaluation of Improved Irrigated Bread Wheat Varieties with National and International Origins and Its Impacts on Transfer of Supply Function

H. Asadi[1], G.R. Zamanian[2*], M.N. Shahiki Tash[3], M. Ghorbani[4] and M.R. Jalal Kamali[5]

Submitted: 22-05-2016
Accepted: 28-08-2016

Asadi, H., Zamanian, G.R., Shahiki Tash, M.N., Ghorbani, M., and Jalal Kamali, M.R. 2016. Economic evaluation of improved irrigated bread wheat varieties with national and international origins and its impacts on transfer of supply function. Journal of Agroecology 8(3): 476-489.

Introduction

Agricultural research is important and one of the determinant factors of development of technologies in agricultural sector. Among agricultural research disciplines, breeding programs, especially, wheat breeding programs are one of the applied approaches in improving of production and food security. Based on a study by Byerlee & Traxler (1995), economic benefits and Internal Rate of Return (IRR) for Impact of International Wheat Improvement (for all breeding programs) were estimated US$3.0 billion per year with internal rate of 53%, and economic benefits for Impact of International Wheat Improvement (Attributed to IWIN) was estimated US$1.5 billion per year during 1966-90.

Materials and methods

The main objectives of this research were to determine shift of supply function of variety and impacts of breeding wheat varieties on reduction costs, and determination of economic return of released irrigated bread wheat in breeding program for the period of 1991-2000. Wheat varieties included; 23 varieties of released irrigated bread wheat by wheat breeding program of Seed and Plant Improvement Institute (SPII) and Provincial Agricultural Research Centers. Ex-ante and Ex-post methods were used in this study. Measuring criteria for these methods were; quantity of shift in supply function, cost-benefit analysis and internal rate of return of varieties. For estimation of reduction costs and shift of supply function of varieties in breeding program were calculated following Brennan et al. (2002):

$$C_{vb} = (TC_h / y_{v\,(without)}) - (TC_h / y_{v\,(with)})$$

$$PSS = C_{vb} / P_w$$

Where:

C_{vb}: Cost reduction due to breeding program, TC_h: Cost production per ha, $Y_{v\,(without)}$: yield of check variety in breeding plots, $Y_{v\,(with)}$: yield of new variety in breeding plots, PSS: % supply shift in breeding program and P_w: price of wheat grain per kg

For assessing economic criteria, Net Present Value (NPV), Cost-Benefit Analysis and Internal Rate of Return (IRR) were used: Following Brennan et al (2002), gross benefit of irrigated bread wheat research in different regions (*B*), annual shift of genetic improvement of variety due to breeding program (k_t) and Fixed and Variable costs due to research and extension of irrigated wheat breeding in experiment years (*TVC*) were estimated as follow:

1, 2, 3, 4 and 5- PhD Student of Agricultural Economic, Assistant Professor and Associate Professor in Economic, Faculty of Management and Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan and Professor in Agricultural Economic, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, and Principal Scientist, International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT) in Iran, Karaj, respectively.
(*- Corresponding author Email: zamanian@eco.usb.ac.ir)

$$B_t = P_t \times Q_t \times K_t$$

$$K_t = \sum V_{it} \times g_i$$

$$TVC = C^s S + C_{vt}$$

Where:

P_t: Price of wheat grain in year t, Q_t: Quantity of wheat grain production in year t, V_{it}: Proportion of area of varieties in year t, g_i: Genetic improvement for varieties i, S: Number of full time breeders and technicians involved in irrigated wheat breeding program, C^s: The costs of breeders and technicians in year t and Cvt: Fixed and variable costs of research and extension activities in year t

For economic analyses of genetic improvement of a variety, profitability indexes including Net Present Value (*NPV*), Benefit- Cost Ratio and Internal Rate of Return (*IRR*) were calculated following Brennan et al. (2002):

$$NPV_t = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_{(t)}}{(1+r)^n} - \sum_{t=0}^{n} \frac{TC_{(t)}}{(1+r)^n}$$

$$PVB_t = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_{(t)}}{(1+r)^n} \quad ,PVC_t = \sum_{t=0}^{n} \frac{TC_{(t)}}{(1+r)^n}$$

Where:

PVB: Present value of benefits, *PVC*: Present value of Costs, *r*: Discount rate and *n*: period

Results and discussion

According to the results of this study, the mean reduction of costs for released irrigated bread wheat varieties during 2001- 2010 was estimated as 109.8 rials. The mean of shift in supply function for released irrigated bread wheat varieties during these years was estimated as %5.31. The mean of Net present value (NPV) for released irrigated bread wheat varieties in study periods was estimated 4463.5 billion Iranian Rials. Based on results, breeding program of irrigated bread wheat was economic.

Conclusion

In general, released irrigated bread wheat varieties with national and international origins in irrigated wheat breeding program of Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Iran, was economically profitable. New Released irrigated bread wheat varieties have had considerable impacts on cost reduction and increasing of farmers income.

Acknowlegemnets

Authors would like to extend their sincere acknowledgements to the University of Sistan and Baluchestan and Seed and Plant Improvement Institute (SPII) for their technical and scientific supports.

Keywords: Breeding Research, Investment, Measurement, Return

References

Brennan, J.P., Aw-Hassan, A., Quade, K.J., and Nordblom, T.L. 2002. Impact of ICARDA research on Australian agriculture. Economic Research Replication No. 11, p. 84.

Byerlee, D., and Traxler, G. 1995. National and international wheat improvement research in the post-Green Revolution period: Evolution and impacts. American Journal of Agricultural Economics 77(2): 268-278.

Jalal Kamali, M.R., Najafi Mirak, T., and Asadi, H. 2012. Wheat: Research and Management Strategics in Iran. Published in Agricultural Education, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ministry of Jihad-e-Agriculture 227 pp. (In Persian)

Contents

Evaluation of Long Term Yield Stability for Cereal Crops in Iran 345
M. Nassiri Mahallati and A. Koocheki

The Effects of Drought Stress and Humic Acid on Morphological Traits, Yield and Anthocyanin of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) 358
M. Sanjarimijani, A.R. Sirousmehr and B. Fakheri

Evaluating Maize Yield and the Quality of Response to Vermicompost, in *Thiobacillus* and Foliar Application of Fe and Zn 372
E. Davaran Hagh, B. Mirshekari, M.R. Ardakani, F. Farahvash and F. Rejali

Effect of Different Crop Rotations on Grain Yield and some Agronomic Traits of Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Dryland Conditions of Kermanshah 384
Abdulahi

Weed Control Efficiency of wild Safflower (*Carthamus oxyacanthus* M. Bieb) in Replacement Series Technique of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Common Vetch (*Vicia sativa* L.) 396
A.R. Ahmadi and A.R. Daraeimofrad

Effect of Residue Nitrogen Concentration and Time Duration on Carbon Mineralization Rate of Alfalfa Residues in Regions with Different Climatic Conditions 416
S. Shafiei, A. Golchin and M.A. Delavar

Effect of Cover Crops on Vertical Distribution of Leaf Area and Dry Matter of Soybean (*Glycine max* L.) in Competition with Weeds 434
S.S. Hashemi, F. Zaefarian, E. Farahmandfar and M. Bagheri Shirvan

Effects of Planting Dates, Irrigation Management and Cover Crops on Growth and Yield of Saffron (*Crocus sativa* L.) 451
A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and H.R. Fallahi

An Input–Output Energy and Economical Analysis of Pistachio (*Pistacia vera* L.) Production Systems in County of Zarand, Kerman Province 462
S.R. Amiri and P. Rezvani Moghaddam

The Changes in the Physiological Growth and the React of the Salinity and Number of Irrigation Water of Two Cumin Cultivars (*Cuminum cyminum* L.) 475
M. Kafi and E. Keshmiri

Economic Evaluation of Improved Irrigated Bread Wheat Varieties with National and International Origins and Its Impacts on Transfer of Supply Function 489
H. Asadi, G.R. Zamanian, M.N. Shahiki Tash, M. Ghorbani and M.R. Jalal Kamali

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 8 No. 3 Fall 2016

Published by: Ferdowsi University of Mashhad

Editor in charge: Prof. Alireza Koocheki

Editor in chief: Prof. Parviz Rezvani Moghaddam

Editorial Board:

Dr. Goodarz Ahmadvand, Faculty of Agriculture, BU-Ali Sina University, Hamadan

Prof. Mohammad Reza Chaichi, Faculty of Agriculture, University of Tehran

Prof. Adel Dabagh Mohammadi Nasab, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Prof. Mohammad Galavi, Faculty of Agriculture, Zabol University

Prof. Reza Ghorbani, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Alireza Koocheki, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Mehdi Nassiri Mahallati, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Parviz Rezvani Moghaddam, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Prof. Ahmad Zare Fazabadi, Agricultural Research Institute of Khorasan Razavi

Prof. Saeed Zehtab Salmasi, Faculty of Agriculture, University of Tabriz

Internal manager: Dr. Surur Khorramdel, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

Publisher: Ferdowsi University of Mashhad Press
Address: Journal of Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad,
P.O. Box: 91775-1163, Mashhad, Iran
Tel: +98-51– 38804654
Fax: +98–51–38787430
Email: agroecology@um.ac.ir
Web site: http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology