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 2 تابستان 1395

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

اعضای هیات تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)
دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
دکتر 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: مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: 20 نسخه
قیمت: 5000 ریال (دانشجویان 2500 ریال)
نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: 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 عملکرد و شاخص‌های کیفی جوانه‌زنی بذور گیاهان دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت شرایط کشت ارگانیک 153

علیرضا کوچکی، لیلا تبریزی، مسعود کیخا اخر و عقیل روحی

ارزیابی راهکارهای سازگاری نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) به تغییرات اقلیمی آینده در استان زنجان 169

امیر حجارپور، نسیم مقدادی، افشین سلطانی و بهنام کامکار

بررسی اثرات تداخلی تراکم‌های مختلف تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) بر شاخص‌های رشد کرچک (*Ricinus communis* L.) 182

ناصر جعفرزاده، علیرضا پیرزاد و هاشم هادی

بررسی ارتباط خصوصیات خاک و عوامل اقلیمی با پراکنش علف‌های هرز در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) استان کرمانشاه 197

مژگان ویسی، حمید رحیمیان مشهدی، حسن علیزاده، مهدی مین‌باشی و مصطفی اویسی

بررسی تنوع زیستی محصولات زراعی و باغی استان اصفهان 212

نسیبه پورقاسمیان و روح اله مرادی

ارزیابی رشد و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) در شرایط کشت ارگانیک 227

حمداله اسکندری و اشرف عالی‌زاده امرایی

تأثیر ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.) 241

حسام سجادی نیاکی، محمدتقی درزی و محمدرضا حاج سیدهادی

جریان انرژی در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری با تأکید بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید الکتریسیته و استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات 251

عاطفه بیانی، لیلی ابوالحسنی و ناصر شاهنوشی فروشانی

ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) 263

اسماعیل رضائی چیانه

بررسی جریان انرژی در مزارع گندم دیم و آبی شهرستان شهرکرد تحت دو روش خاکورزی 281

حسین کاظمی، پریسا علیزاده و علی نهبندانی

اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد 296

راحله احمدزاده قویدل، قربانعلی اسدی، محمد تقی ناصری پور یزدی، رضا قربانی و سرور خرم دل

بررسی توانایی چند گیاه دارویی در کنترل قارچ‌های عامل پوسیدگی انباری (*Rhizopus nigricans* و *Alternaria alternate*) در گوجه‌فرنگی‌های تولید شده در سامانه‌های کشاورزی رایج و زیستی 318

سید محمد سیدی و پرویز رضوانی مقدم

اسامی ارزیابان جلد 8 شماره 2 (تابستان 1395) نشریه بوم شناسی کشاورزی

دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر حجت امامی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر شهرام امیر مرادی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر افسانه امین غفوری	دانشگاه پیام نور قوچان
دکتر محمدرضا چائی چی	دانشگاه تهران
دکتر علیرضا خداشناس	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مهدی راستگو	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا سبحانی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر آسیه سیاهمرگوئی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر الهام عزیزی	دانشگاه پیام نور سبزوار
دکتر احمد غلامی	دانشگاه صنعتی شاهرود
دکتر ماهرخ فلاحتی رستگار	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر هاشم کمالی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر مرتضی گلدانی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر فرزاد مندنی	دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر سمانه نجیب نیا	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر احمد نظامی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر شهرام نوروززاده	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر علیرضا یدوی	دانشگاه یاسوج

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 ۱/۵ بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه ۱۲ تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه ۱۰ با فاصله خط ۱ نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر ۲ صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر ۲۰ کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه ۱۴ نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی, درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین ۷۰۰-۶۰۰ واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title
2. 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 ۳۰٪ مربوط به مقدمه، ۲۰٪ مواد و روش‌ها و ۵۰٪ مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه گیری کلی نوشته شود.

- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007). برای جداسازی منابع در انتهای جمله از ";" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).
- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999)، Smith & Samuel (2009)و Samuel et al. (2008)
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌ها ی جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملا انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.
- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انکلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

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

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

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

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

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

۱- مجلات:

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

۲- کتاب تالیف شده:

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

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

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

۴- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

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

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

۷- رساله‌های تحصیلی:

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

۸- کنفرانس‌ها ی علمی:

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

۹- گزارش‌های علمی:

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

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

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

۱۰- نرم افزار های کامپیوتری:

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

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

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

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

صندوق پستی: ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

تلفن: ۰۵۱-۳۸۸۰۴۶۵۴ نمابر: ۰۵۱ -۳۸۷۸۷۴۳۰ 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. 2, Summer 2016, p. 153-168

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 168-153

ارزیابی عملکرد و شاخص‌های کیفی جوانه‌زنی بذور گیاهان دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت شرایط کشت ارگانیک

علیرضا کوچکی[1*]، لیلا تبریزی[2]، مسعود کیخا اخر[3] و عقیل روحی[4]

تاریخ دریافت: 1392/05/29
تاریخ پذیرش: 1392/06/28

کوچکی، ع.، تبریزی، ل.، کیخا اخر، م.، و روحی، ع. 1395. ارزیابی عملکرد و شاخص‌های کیفی جوانه‌زنی بذور گیاهان دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت شرایط کشت ارگانیک. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 168-153.

چکیده

به منظور مطالعه ویژگی‌های کمی و کیفی بذور گیاهان دارویی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) تحت شرایط کاربرد نهاده‌های آلی، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تیمار کودی شامل کود گاوی، کمپوست زباله شهری، کمپوست بقایای قارچ و تیمار شاهد (عدم کاربرد کود) در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی دو سال زراعی 89-1388 و 90-1389 برای سه گونه گیاه دارویی نامبرده اجرا شد و سپس خصوصیات کیفی جوانه‌زنی بذور حاصل از تیمارهای مذکور به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 12 تیمار و سه تکرار در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران ارزیابی شدند. عملکرد بیولوژیک و بذر، وزن هزاردانه، شاخص برداشت و برخی شاخص‌های کیفی بذر شامل طول، عرض و قطر، درصد و سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، طول و وزن خشک گیاهچه سه گیاه دارویی اسفرزه، سیاهدانه و رازیانه مورد مطالعه قرار گرفتند. بر اساس نتایج موجود، تیمارهای مورد بررسی در مزرعه به طور معنی‌داری سبب افزایش عملکرد بذر و بیولوژیک هر سه گیاه شدند به طوری‌که در هر دو سال، کمپوست بقایای قارچ بیشترین تأثیر را بر افزایش این صفات نسبت به تیمار شاهد داشت. نهاده‌های کودی بر شاخص برداشت اسفرزه و سیاهدانه در طی دو سال تأثیرگذار نبودند، در حالی‌که بر شاخص برداشت گیاه رازیانه تأثیر معنی‌دار داشتند. استفاده از کمپوست بقایای قارچ در سال اول و کمپوست زباله شهری در سال دوم به ترتیب وزن هزاردانه اسفرزه و سیاهدانه را تحت تأثیر قرار دادند. همچنین، تیمارهای کودی میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول و وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر را در هر سه گیاه نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند و بیشترین مقدار این صفات در تیمار کود دامی مشاهده شد. استفاده از کمپوست بقایای قارچ منجر به حصول بیشترین میانگین طول بذر در گونه‌های مورد مطالعه شد. بذور رازیانه با کاربرد کمپوست بقایای قارچ بیشترین طول بذر را در بین گونه‌ها و تیمارهای کودی مورد استفاده نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: بنیه بذر، سرعت جوانه‌زنی، شاخص برداشت، کمپوست، کود دامی

مقدمه

توسعه یک نظام پیشرفته کشاورزی نه تنها به افزایش بازده، بلکه به مدیریت صحیح چرخه عناصر غذایی برای حفظ و بقای خود وابسته است. این نظام پیشرفته عمدتاً به استفاده از منابع آلی و بیولوژیک تأکید دارد و از نهاده‌های مصنوعی مانند کودهای شیمیایی در حد بهینه بهره می‌گیرد (Lebaschi et al., 2001). در نظام‌های کشاورزی پایدار، کودهای آلی و بیولوژیک به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی نقش مثبتی در مدیریت پایدار خاک و در نهایت

1 و 4- به ترتیب استاد و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
2- استادیار گروه مهندسی علوم باغبانی و فضای سبز، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
3- دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و تکنولوژی بذر، گروه زراعت، دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

پایداری بوم‌نظام دارند (Jahan et al., 2008). کودها و مواد آلی علاوه بر نقشی که در تغذیه گیاه زراعی و حاصلخیزی خاک دارند ساختمان و کیفیت خاک را بهبود می‌بخشند که گاه اهمیت آن‌ها در بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک مهم‌تر از اثرات آن‌ها در تأمین نیازهای غذایی گیاه می‌باشد (Kamkar & Mahdavi Damghani, 2008). در راستای تولید کودهای آلی، تبدیل زباله‌های شهری و ضایعات حاصل از تولید قارچ به کمپوست و ورمی کمپوست، مناسب‌ترین روش کنترل و مدیریت آن‌هاست که در اثر آن مواد زاید به مواد غنی از عناصر غذایی و بدون اثرات زیان‌بار تبدیل می‌شوند که مصرف آن‌ها باعث بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک می‌شود (Moradi et al., 2009; Nadi, 2005; Vahabi Mashak et al., 2008).

در طی چند سال اخیر، رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت استقرار نظام‌های ارگانیک و پایدار و به کارگیری روش‌های مدیریتی آن‌ها است زیرا عقیده بر این است که کشاورزی ارگانیک کیفیت گیاهان دارویی را تضمین می‌کند (Griffe et al., 2003). همچنین، تولید بذر ارگانیک به خصوص در گیاهان دارویی در طی سال‌های اخیر مورد توجه بسیاری از محققین و تولیدکنندگان بذر قرار گرفته است. به طور کلی بذر ارگانیک، به بذری گفته می‌شود که به طور کامل از طریق شیوه‌های ارگانیک یا زیستی و به وسیله یکسری عملیات گواهی شده تولید می‌شود. تفاوت اصلی بین بذرهای ارگانیک و سایر بذرهای رایج، عدم وجود مواد شیمیایی مصنوعی در ترکیبات این محصولات است (Hermes, 2010). با توجه به این‌که جوانه‌زنی بذر از جمله مراحل مهم و اساسی چرخه زندگی گیاه در جهت استقرار گیاهچه محسوب می‌شود و در این میان قدرت بذر، به عنوان شاخصی از توانایی بذر برای سبز شدن سریع و یکنواخت و نمو طبیعی گیاهچه‌ها در طیف وسیعی از شرایط زراعی مهم می‌باشد (Ghaderifar & Soltani, 2010) از این‌رو بررسی عوامل مختلف از جمله شرایط تغذیه گیاه که بتواند بر جوانه‌زنی و در نهایت بر چگونگی استقرار گیاه مؤثر باشد، حائز اهمیت خواهد بود. کود دامی و کمپوست از جمله منابع کودهای آلی هستند که استفاده از آن‌ها در نظام‌های مدیریت پایدار خاک مرسوم می‌باشد. در این ارتباط گزارش شده است که برای افزایش کیفیت محصولات به ویژه گیاهان دارویی و معطر استفاده از کودهای آلی مناسب‌تر از کاربرد کودهای شیمیایی می‌باشد (Karla, 2003). مطالعات متعددی در خصوص کاربرد کودهای آلی و تأثیر آن‌ها بر خصوصیات کمی و کیفی بذر گیاهان دارویی انجام شده است به طوری‌که بهبود عملکرد و اجزای عملکرد بذر کنجد (*Sesumum indicum* L.) با کاربرد کود مرغی (Ogbonna & Umar-Shaaba, 2011)، افزایش وزن هزاردانه و عملکرد میوه شوید (*Anethum graveolens* L.) با کاربرد ورمی‌کمپوست (Damjanivic et al., 2005)، بهبود عملکرد بذر، درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) با استفاده از کود گاوی به میزان هشت کیلوگرم در مترمربع (Darzi & Haj Seyed Hadi, 2012)، افزایش عملکرد بذر و درصد جوانه‌زنی بذر گشنیز تحت شرایط استفاده از 20 تن در هکتار کود بستر دام (Vasmate et al., 2008)، بهبود عملکرد بذر و وزن هزاردانه بذر سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) با کاربرد کمپوست زباله شهری تا حدود 15 تن در هکتار (Akbarnejad et al., 2011)، افزایش عملکرد بذر اسفرزه (*Plantago ovata* Forsk.) و پسیلیوم (*Plantago psyllium* L.) با کاربرد کود دامی (Koocheki et al., 2007) و بهبود وزن هزاردانه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) با کاربرد کود دامی و ورمی‌کمپوست (Tabrizi et al., 2012) گزارش شده است.

اسفرزه، از گیاهان دارویی خانواده بارهنگ[1] است که به دلیل موسیلاژ موجود در بذر و پوسته آن در صنایع مختلف دارای کاربردهای متعددی می‌باشد (Hansol et al., 1992). همچنین سیاهدانه از خانواده آلاله[2] (Khattak et al., 2008) به عنوان گیاهی روغنی، ادویه‌ای و دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرد (D’Antuono et al., 2002; Khattak et al., 2008; Mehta et al., 2009). گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) متعلق به خانواده چتریان[3] (Damjanivic et al., 2005) نیز عمدتاً به منظور استفاده از اسانس حاصل از آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. با توجه به این‌که استفاده از بذر ارگانیک و عاری از مواد شیمیایی مصنوعی برای توسعه کشت ارگانیک گیاهان دارویی از اهمیت ویژهای برخوردار است لذا هدف از این آزمایش فراهم نمودن شرایطی مناسب برای تولید بذر ارگانیک سه گونه دارویی اسفرزه، سیاهدانه و رازیانه و مطالعه نقش کودهای آلی در بهبود خصوصیات کیفی بذور تولیدی در شرایط آب و هوایی

1- Plantaginaceae
2- Ranunculaceae
3- Apiaceae

مشهد بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر تغذیه ارگانیک گیاهان دارویی سیاهدانه، اسفرزه و رازیانه بر خصوصیات کمی و کیفی بذور این گیاهان دو آزمایش به صورت مزرعه‌ای و آزمایشگاهی به شرح زیر طراحی و اجرا شد.

مطالعات مزرعه‌ای

این آزمایش با هدف ارزیابی تأثیر کودهای آلی مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد سه گونه دارویی سیاهدانه، اسفرزه و رازیانه در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار برای هر سه گیاه در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´28 °59 شرقی، عرض جغرافیایی ´۱۵ ° 36 شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا) در دو سال زراعی 89-1388 و 90-1389 به اجرا در آمد. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه، تسطیح زمین و همچنین ایجاد جوی و پشته، قبل از کاشت در اسفند ماه انجام گرفتند. پس از آماده-سازی زمین، کرت‌های آزمایشی در ابعاد 2×3 مترمربع ایجاد شدند. فاصله کرت‌ها از یکدیگر نیم متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر با احتساب جوی‌های آبیاری دو متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش، خاک مزرعه و تیمارهای کودی مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند که نتایج آزمایش آن‌ها در جدول 1 نشان داده شده است.

تیمارهای آزمایش چهار سطح کود آلی شامل کود گاوی (30 تن در هکتار)، کمپوست بقایای قارچ (20 تن در هکتار)، کمپوست زباله شهری (تهیه شده از زباله‌تر خانگی در سطح 15 تن در هکتار) و تیمار شاهد (عدم استفاده از کود آلی) برای سه گونه گیاه دارویی نامبرده شده بودند. با توجه به این‌که ماهیت کودهای مورد استفاده متفاوت می‌باشد لذا مقادیر آن‌ها یکسان در نظر گرفته نشد. تراکم کاشت بر مبنای تراکم مطلوب هر گیاه، برای اسفرزه 100، رازیانه 60 و سیاهدانه 200 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. مقادیر مورد نظر هر تیمار کودی قبل از کاشت درسطح هر کرت آزمایشی پخش شده و تا عمق 30 سانتی‌متری به خوبی با خاک کرت آزمایشی مخلوط گردیدند. کاشت به صورت جوی و پشته‌های صورت گرفت و در مرحله شش برگی عملیات تنک به منظور حصول تراکم مطلوب هر گیاه انجام گرفت. کنترل علف‌های هرز طی دو مرحله از طریق وجین دستی در اوایل و اواسط فصل رشد انجام گرفت. اولین آبیاری پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی پس از آن هر هفت روز یک‌بار تا پایان دوره رشد صورت گرفت. به منظور تعیین عملکرد اقتصادی (بذر) و بیولوژیک، در زمان رسیدگی بذور، برداشت از دو مترمربع هر کرت صورت گرفت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش و کودهای آلی مورد استفاده
Table 1- Physicochemical characteristics of soil and applied organic fertilizers

نمونه Sample	بافت Texture	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی-متر) EC ($mmoh.cm^{-1}$)	اسیدیته pH
خاک Soil	لوم- سیلتی Loam-silt	0.09	121	90	2.67	8.03
کود دامی Cow manure	-	0.89	222	190	6	6.07
کمپوست زباله شهری Municipal waste compost	-	1.20	135	110	6>	7
کمپوست بقایای قارچ Spent mushroom compost	-	0.82	230	170	11.7	7.1

بدین صورت که از چهار ردیف موجود در هر کرت پس از حذف دو ردیف کناری و 50 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، دو مترمربع به عنوان سطح نمونه‌برداری در نظر گرفته شد. سپس کل بوته‌های سطح نمونه‌برداری برای تعیین عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک (وزن کل اندام‌های هوایی گیاه)، شاخص برداشت (نسبت عملکرد بذر به عملکرد بیولوژیک بر حسب درصد) و وزن هزار دانه، برداشت شده و به آزمایشگاه منتقل گردیدند.

مطالعات آزمایشگاهی: اندازه‌گیری خصوصیات کیفی بذر

به منظور ارزیابی خصوصیات کیفی جوانه‌زنی بذر سه گیاه دارویی اسفرزه، رازیانه و سیاهدانه که تحت تأثیر تیمارهای کودی در آزمایشات مزرعه‌های تولید شده بودند آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 12 تیمار و سه تکرار در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال 1389 (بذور سال دوم) اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح کود آلی (کود گاوی، کمپوست زباله شهری، کمپوست بقایای قارچ و تیمار شاهد) و سه گونه گیاهی (سیاهدانه، اسفرزه و رازیانه) بودند. فاکتورهای مورد بررسی شامل طول، قطر و عرض بذر بودند. به منظور تعیین ویژگی‌های جوانه‌زنی بذور مورد مطالعه، ابتدا بذور با استفاده از هیپوکلرید سدیم پنج درصد به مدت دو دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر چندین بار به طور کامل مورد شستشو قرار گرفتند. پنجاه عدد بذر ضدعفونی شده در پتری‌دیش‌های نه سانتی‌متری بر روی دو لایه کاغذ صافی واتمن که به مقدار کافی مرطوب شده بودند، قرار گرفتند و به ژرمیناتور با دمای 2±20 درجه سانتی‌گراد و متوسط رطوبت نسبی 70-60 درصد منتقل شدند.

شمارش بذور جوانه زده هر 24 ساعت تا زمانی که دیگر افزایشی در تعداد بذور جوانه‌زده مشاهده نشد (به مدت 10 روز) انجام شد. به هنگام شمارش بذوری جوانه‌زده تلقی شدند که ریشه‌چه آن‌ها قابل رؤیت بوده و طول ریشه‌چه آن‌ها 2-1 میلی‌متر بود (Adam et al., 2007). پس از اتمام مدت زمان شمارش بذور جوانه زده، صفاتی نظیر طول گیاهچه و وزن خشک گیاهچه (در دمای 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت) اندازه‌گیری شده و سپس درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه بذر محاسبه شدند. شاخص بنیه بذر (SVI)[1] با استفاده از معادله (1) تعیین گردید (Abdul-baki & Anderson, 1973):

(1) SVI = (میانگین طول ریشه‌چه +میانگین طول ساقه‌چه) × درصد جوانه‌زنی نهایی

جهت بررسی سرعت جوانه‌زنی از معادله (2) استفاده گردید (Maguire, 1962):

$$R_s = \sum_{i=1}^{n} \frac{S_i}{D_i} \qquad (2)$$

در این معادله، R_S: سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذر در روز)، S_i: تعداد بذر جوانه‌زده در هر شمارش، D_i: تعداد روز تا شمارش nام می‌باشد. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار SAS 9.1 استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

مطالعات مزرعه‌ای

اسفرزه

تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده بر عملکرد بذر و بیولوژیک اسفرزه در هر دو سال آزمایش معنی‌دار ($p \leq 0/01$) بود ولی شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>0/05$). وزن هزاردانه نیز فقط در سال اول آزمایش تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت ($p \leq 0/05$) (جدول 2).

بیشترین میانگین وزن هزاردانه اسفرزه در سال اول به مقدار 1/53 گرم در تیمار کمپوست بقایای قارچ حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد حدود 4/8 درصد افزایش نشان داد (جدول 3). در مطالعه‌ای کودهای آلی از جمله کود گاوی سبب بهبود وزن هزاردانه اسفرزه شدند (Irannezhad et al., 2010)، در حالی‌که محققین دیگری بیان کردند که سطوح مختلف کود دامی تأثیر معنی‌داری در وزن هزاردانه اسفرزه نسبت به تیمار شاهد ایجاد نکردند (Tabrizi, 2004; Lotfi et al., 2008). کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده عملکرد بیولوژیک اسفرزه را نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند (جدول 3) و بیشترین افزایش در تیمار استفاده از کمپوست بقایای قارچ مشاهده شد، به طوری‌که این تیمار عملکرد بیولوژیک اسفرزه را نسبت به تیمار شاهد در هر دو سال حدود هفت درصد بهبود بخشید. به نظر می‌رسد،

1- Seed vigour index

افزودن کمپوست به خاک، با بهبود بخشیدن شرایط بیولوژیکی خاک (Anwar et al., 2005)، ضمن فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش رشد اندام‌های رویشی شده که متعاقباً تولید بیوماس را بهبود بخشیده است.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی گیاه دارویی اسفرزه طی دو سال آزمایش تحت تأثیر نهاده‌های آلی

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for quantitative criteria of isabgol under organic inputs application during two years of experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزاردانه 1000- Seed weight		عملکرد بذر Seed yield		عملکرد بیولوژیک Biological yield		شاخص برداشت Harvest index	
		سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
تکرار Replication	2	0.002	0.0012	127	171	39.12	115	0.00001	0.00003
کود Fertilizer	3	0.004^{*}	0.004^{ns}	1650^{**}	1991^{**}	19065^{**}	17939^{**}	0.00002^{ns}	0.00004^{ns}
خطا Error	6	0.0008	0.002	27	101	490	377	0.000006	0.00001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	1.91	3.04	0.85	1.63	0.8	0.7	11.6	1.86

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

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

نتایج به دست آمده با نتایج تحقیق برخی محققان مطابقت داشت (Lotfi et al., 2008; Khandan et al., 2005)، اما در مطالعه دیگری عنوان شد که سطوح مختلف کود دامی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کاه و کلش اسفرزه نداشت (Tabrizi, 2004). تأثیر تیمارهای کودی مختلف بر عملکرد بذر اسفرزه مشابه با عملکرد بیولوژیک بود، به طوری‌که بیشترین میانگین عملکرد بذر نیز در تیمار کمپوست بقایای قارچ مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد، 8/65 و 9/7 درصد به ترتیب برای سال‌های اول و دوم افزایش نشان داد (جدول 3). نتایج تحقیق حاضر با نتایج آزمایشات دیگری مبنی بر تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای کود آلی و تیمار شاهد در عملکرد بذر اسفرزه مشابهت دارد (Khandan et al., 2005; Lotfi et al., 2008; Koocheki et al., 2007).

جدول 3- مقایسه میانگین تأثیر کودهای آلی مختلف بر صفات کمی گیاه دارویی اسفرزه طی دو سال آزمایش

Table 3- Mean comparison of effects of organic fertilizers on quantitative criteria of isabgol during two years of experiment

نوع کود Fertilizer type	وزن هزاردانه (گرم) 1000- Seed weight (g)		عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
کمپوست زباله شهری Municipal waste compost	1.49^{ab*}	-	621^{a}	631^{a}	2794^{b}	2802^{b}
کمپوست بقایای قارچ Spent mushroom compost	1.53^{a}	-	628^{a}	645^{a}	2853^{a}	2855^{a}
کود دامی Cow manure	1.44^{b}	-	593^{b}	603^{b}	2755^{b}	2763^{c}
شاهد Control	1.46^{b}	-	578^{c}	588^{b}	2663^{c}	2672^{d}

* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد از اختلاف معنی‌دار برخوردار نیستند.

* Means in each column followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) using Duncans' multiple range test.

رازیانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزاردانه رازیانه در هیچ-یک از سال‌های آزمایش تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت (p>0/05) (جدول 4). در یک مطالعه عنوان شده است که کودهای آلی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه رازیانه نداشته است (Moradi et al., 2009) در حالی‌که افزایش معنی‌دار وزن هزاردانه رازیانه نسبت به تیمار شاهد با مصرف کودهای آلی در تحقیق دیگری گزارش شده است (Darzi et al., 2006). عملکرد بیولوژیک و بذر رازیانه در هر دو سال آزمایش به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کودی مورد استفاده قرار گرفتند و شاخص برداشت تنها در سال دوم تحت تأثیر معنی‌دار تیمارهای مورد استفاده قرار گرفت (p≤0/05) (جدول 4).

جدول 4- تجزیه (میانگین مربعات) صفات کمی گیاه دارویی رازیانه طی دو سال آزمایش تحت تأثیر نهاده‌های آلی

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for quantitative criteria of fennel under organic inputs application during two years of experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزاردانه 1000- Seed weight		عملکرد بذر Seed yield		عملکرد بیولوژیک Biological yield		شاخص برداشت Harvest index	
		سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
تکرار Replication	2	0.0011	0.005	1039	3817	2309	2309	0.00009	0.0001
کود Fertilizer	3	0.0001^{ns}	0.011^{ns}	60094^{*}	72323^{**}	52253^{**}	52253^{**}	0.002^{ns}	0.0025^{*}
خطا Error	6	0.0011	0.002	9992	6844	2501	15011	0.0005	0.0004
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		0.88	1.27	9.94	8.19	1.14	1.13	1.13	8.86

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

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

استفاده از تمامی کودهای آلی مورد استفاده عملکرد بیولوژیک و بذر رازیانه را در هر دو سال آزمایش نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند (جدول 5). با این وجود، بیشترین عملکرد بیولوژیک در سال اول و دوم به ترتیب به میزان 4494 و 4544 کیلوگرم در هکتار در تیمار کمپوست بقایای قارچ و کمترین مقدار آن به میزان 4188 و 4238 کیلوگرم در هکتار به ترتیب در سال اول و دوم در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که استفاده از کمپوست بقایای قارچ عملکرد بذر را حدود هفت درصد نسبت به عدم کاربرد کود (شاهد) در هر دو سال آزمایش افزایش داد (جدول 5). در مطالعات مختلفی گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک رازیانه داشته است (Darzi et al., 2006; Moradi et al., 2009). به نظر می‌رسد کاربرد کودهای آلی با بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه سبب بهبود رشد پیکره رویشی و تولید زیست-توده شده‌اند. همچنین در یک مطالعه عنوان شده است که کودهای بیولوژیک عملکرد اقتصادی رازیانه را به شدت تحت تأثیر قرار دادند به طوری‌که در بین تیمارهای کود آلی، تیمار کمپوست و ورمی-کمپوست منجر به حصول بیشترین عملکرد دانه شدند و این محققین علت این امر را آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه متناسب با رشد عنوان نمودند (Moradi et al., 2011) که به نظر می‌رسد این امر در مورد تیمار کمپوست بقایای قارچ نیز صادق باشد. برخی محققین نیز بیشترین عملکرد بذر رازیانه را با کاربرد توأم کود شیمیایی و کود آلی در آزمایشی سه ساله گزارش نمودند (Jain et al., 2007; Patel et al., 2003).

جدول 5- مقایسه میانگین تأثیر کودهای آلی مختلف بر صفات کمی گیاه دارویی رازیانه طی دو سال آزمایش

Table 5- Mean comparison of effects of organic fertilizers on quantitative criteria of fennel during two years of experiment

نوع کود Fertilizer type	عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})		شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
کمپوست زباله شهری Municipal waste compost	973^{b*}	1043^{b}	4422^{ab}	4472^{ab}	-	22.2^{ab}
کمپوست بقایای قارچ Spent mushroom compost	1188^{a}	1188^{a}	4494^{a}	4544^{a}	-	26.1^{a}
کود دامی Cow manure	1010^{ab}	993^{ab}	4327^{b}	4377^{b}	-	23.8^{a}
شاهد Control	846^{b}	812^{c}	4188^{c}	4238^{c}	-	19.1^{b}

* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد از اختلاف معنی‌دار برخوردار نیستند.

* Means in each column followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$) using Duncans' multiple range test.

بیشترین شاخص برداشت نیز در سال دوم به میزان 26/1 درصد در تیمار کمپوست بقایای قارچ حاصل شد که 36/64 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول 5). بر اساس نتایج یک تحقیق، تیمارهای مختلف کود آلی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت رازیانه داشتند اما به علت کم بودن عملکرد بیولوژیک تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها، شاخص برداشت در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها شد (Moradi et al., 2009). به عبارت دیگر استفاده از کودهای آلی میزان رشد رویشی را نسبت به عملکرد بذر بیشتر تحت تأثیر قرار داد. محققین دیگری نیز علت کاهش شاخص برداشت را افزایش رشد رویشی رازیانه در پاسخ به کودهای آلی ذکر کردند (Darzi et al., 2006).

سیاهدانه

همان‌گونه که در جدول 6 مشاهده می‌شود وزن هزاردانه سیاهدانه فقط در سال دوم تحت تأثیر کودهای آلی قرار گرفت ($p \leq 0/01$)، ولی عملکرد بذر ($p \leq 0/01$) و بیولوژیک ($p \leq 0/05$) سیاهدانه در هر دو سال آزمایش به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد تیمارهای کودی مورد استفاده قرار گرفتند ولی شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت ($p > 0/05$) (جدول 6).

جدول 6- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی گیاه دارویی سیاهدانه طی دو سال آزمایش تحت تأثیر نهاده‌های آلی

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) for quantitative criteria of black cumin under organic inputs application during two years of experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزاردانه 1000- Seed weight		عملکرد بذر Seed yield		عملکرد بیولوژیک Biological yield		شاخص برداشت Harvest index	
		سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
تکرار Replication	2	0.002	0.01	637	1017	769	769	0.0001	0.0003
کود Fertilizer	3	0.001^{ns}	0.04**	6773*	5672*	17052**	17052**	0.0004^{ns}	0.0003^{ns}
خطا Error	6	0.001	0.003	1184	933	1271	1271	0.0001	0.0001
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		0.98	1.67	5.63	4.72	1.58	1.57	4.94	4.91

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

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

جدول 7- مقایسه میانگین تأثیر کودهای آلی مختلف بر صفات کمی گیاه دارویی سیاهدانه طی دو سال آزمایش

Table 7- Mean comparison of effects of organic fertilizers on quantitative criteria of black cumin during two years of experiment

نوع کود Fertilizer type	وزن هزاردانه (گرم) 1000- Seed weight (g)		عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	
	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year
کمپوست زباله شهری Municipal waste compost	-	3.6^{a*}	626^{a}	625^{a}	2252^{a}	2269^{a}
کمپوست بقایای قارچ Spent mushroom compost	-	3.55^{ab}	645^{a}	692^{a}	2316^{a}	2333^{a}
کود دامی Cow manure	-	3.45^{bc}	632^{a}	652^{a}	2269^{a}	2286^{a}
شاهد Control	-	3.33^{c}	541^{b}	587^{b}	2138^{b}	2155^{b}

* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد از اختلاف معنی‌دار برخوردار نیستند.

* Means in each column followed by the same letter are not significantly different ($p\leq0.05$) using Duncans' multiple range test.

در سال دوم بیشترین میانگین وزن هزاردانه سیاهدانه (3/6 گرم) در تیمار کمپوست زباله شهری مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد 8/1 درصد افزایش نشان داد (جدول 7). در مطالعه‌ای بر روی گیاه سیاهدانه عنوان شده است که کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر وزن هزاردانه سیاهدانه داشته‌اند و علت آن افزایش سرعت و همچنین مدت فتوسنتز سیاهدانه در اثر کاربرد کودهای آلی ذکر شد که نتیجه آن نیز افزایش وزن دانه و در نهایت افزایش عملکرد بذر بوده است (Khorramdel, 2008) این نتایج در مورد تحقیق حاضر نیز صادق است به طوری‌که تیمارهای کودی مورد استفاده میزان عملکرد بذر و بیولوژیک سیاهدانه را نسبت به تیمار شاهد به طور معنی‌داری افزایش دادند ولی بین تیمارهای کودی مورد استفاده اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بیشترین میانگین عملکرد بیولوژیک در سال اول و دوم به ترتیب 2316 و 2333 کیلوگرم در هکتار برای تیمار کمپوست بقایای قارچ حاصل شد که حدود 8/32 و 8/25 درصد به ترتیب طی سال‌های اول و دوم نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (جدول 7). به نظر می‌رسد فراهم بودن آب و عناصر غذایی مناسب، رشد رویشی و زایشی مطلوب گیاه را به دنبال داشته و با تولید ماده خشک بیشتر در واحد سطح نقش اساسی در بهبود تولید و عملکرد داشته است. همانند عملکرد بیولوژیک، بیشترین میانگین عملکرد بذر طی دو سال آزمایش به ترتیب به میزان 645 و 692 کیلوگرم در هکتار برای تیمار کود کمپوست بقایای قارچ حاصل شد. به طوری‌که عدم کاربرد کود (شاهد) میانگین عملکرد بذر را حدود 16/12 و 15/17 درصد به ترتیب طی سال اول و دوم نسبت به کاربرد کمپوست بقایای قارچ کاهش داد (جدول 7). در مطالعه‌ای با کاربرد کودهای آلی اختلاف معنی‌داری در عملکرد بذر سیاهدانه مشاهده شد (Khorramdel, 2008). در هیچ‌یک از سال‌های اجرای آزمایش اختلاف معنی‌داری در شاخص برداشت سیاهدانه بین تیمارهای مختلف کودی مشاهده نشد (جدول 6).

مطالعه ویژگی‌های کیفی بذر

گونه‌های گیاهی از نظر صفات کیفی مورد مطالعه با یکدیگر تفاوت نشان دادند و همچنین، تیمار کودی به جز بر عرض و قطر بذر بر دیگر صفات مورد مطالعه گیاهان مورد بررسی تأثیر معنی‌داری داشت ($p\leq0/01$) (جدول 8). صفت طول بذر نیز به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل گونه و کود قرار گرفت ($p\leq0/01$) (جدول 8).

الف) خصوصیات مورفولوژیکی بذر

در بین گونه‌های مورد مطالعه، گیاه رازیانه از نظر میانگین صفات مورد مطالعه نسبت به دو گونه سیاهدانه و اسفرزه برتری نشان داد (جدول 9) که البته این امر به دلیل ماهیت چندساله بودن گیاه در مقایسه با گیاهان یک‌ساله اسفرزه و سیاهدانه و استقرار گیاه در طی دو سال در مزرعه و تولید بذور بزرگ‌تر که بخشی از آن مربوط به تفاوت ژنتیکی گونه‌های مورد مطالعه می‌باشد، دور از انتظار نبود و تأییدی بر این امر می‌باشد که گونه‌های با بذور بزرگ‌تر، به دلیل

ذخیره مواد غذایی بیشتر، از قابلیت جوانه‌زنی بهتر و بنیه بذر بیشتری برخوردارند. این امر در منابع دیگری نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Amico et al., 1994; Moles & Westoby, 2004).

جدول 8- تجزیه واریانس خصوصیات بذر و گیاهچه گونه‌های مورد مطالعه تحت تأثیر کودهای آلی

Table 8- Analysis of variance for seed and seedling criteria of studied species under organic fertilizer application

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طول بذر Seed length	عرض بذر Seed width	قطر بذر Seed diameter	درصد جوانه‌زنی نهایی Final germination percentage	طول گیاهچه Seedling length	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	شاخص بنیه بذر Seed vigour index
گونه Species	2	36.11**	1.43**	5.39**	120.77**	6.93**	1.79**	0.022**	108366/53**
کود Fertilizer	3	0.27**	0.01ns	0.01ns	137.18**	7.81**	0.93**	0.084**	122050/79**
کود×گونه Fertilizer ×species	6	0.36**	0.006ns	0.004ns	1.51ns	0.00000009ns	0.000025ns	0.003ns	94.79ns
خطا Error	24	0.05	0.05	0.047	4.88	0.04	0.009	0.0021	328.61
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.98	14.50	17.31	2.42	2.61	3.43	1.28	2.48

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

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

همچنین نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست بقایای قارچ منجر به حصول بیشترین طول بذر در هر سه گونه مورد مطالعه شد هر چند که اختلاف معنی‌داری با کود دامی و عدم استفاده از کود آلی نشان نداد (جدول 9). استفاده از کمپوست زباله شهری کمترین میانگین طول بذر را در بین گونه‌های مورد مطالعه نشان داد، به طوری‌که در شرایط تغذیه توسط کمپوست بقایای قارچ، میانگین طول بذور آن 11/93 درصد بیشتر از زمانی بود که از کمپوست زباله شهری استفاده شد (جدول 9). همان‌طور که در نتایج مزرعه‌ای مشاهده شد، کاربرد کمپوست بقایای قارچ بیشترین تأثیر را بر بهبود عملکرد بذر سه گیاه سیاهدانه، رازیانه و اسفرزه داشت (جدول‌های 3، 5 و 7) که نشان‌دهنده تغذیه مناسب‌تر این گیاه در شرایط استفاده از کمپوست بقایای قارچ بود که متعاقباً این شرایط خود منجر به بهبود اندازه بذر و به عبارتی طول بذور تولیدی شده است. به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای آلی برای تغذیه گیاهان مذکور با بهبود شرایط تغذیه‌ای (Anwar et al., 2005)، ساختمان خاک و نگهداری آب خاک منجر به افزایش رشد رویشی و زایشی گیاه شده که خود باعث تولید بذور بزرگ‌تر در این گیاهان نسبت به شرایط عدم استفاده از این کودها شده است.

با این‌که استفاده از کودهای آلی اثر معنی‌داری بر عرض و قطر بذور گیاهان مورد مطالعه نداشت (جدول 8)، ولی در هر سه گیاه بیشترین میزان این صفات در شرایط تغذیه توسط کمپوست بقایای قارچ مشاهده شد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) که این امر نشان‌دهنده تأثیر مثبت تغذیه کودهای آلی بر رشد بذور گیاهان مذکور می‌باشد.

ب) خصوصیات جوانه‌زنی بذر

همان‌گونه که در جدول 9 نشان داده شده است، در سه گونه گیاهی مورد بررسی، بیشترین درصد جوانه‌زنی در شرایط استفاده از کود دامی و کمترین درصد جوانه‌زنی در شرایط عدم کاربرد کود (شاهد) مشاهده شد. به طوری‌که کاربرد کود دامی و کمپوست بقایای قارچ نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش میانگین درصد جوانه‌زنی بذور به ترتیب به میزان 9/87 و 4/3 درصد گردیدند.

جدول 9- میانگین خصوصیات کیفی جوانه‌زنی بذر در سه گیاه دارویی سیاهدانه، اسفرزه و رازیانه تحت تأثیر نهاده‌های آلی مختلف
Table 9- Means of studied criteria in medicinal plants of black cumin, isabgol and fennel under applied organic inputs

تیمار Treatment		طول بذر (میلی‌متر) Seed length (mm)	عرض بذر (میلی-متر) Seed width (mm)	قطر بذر (میلی‌متر) Seed diameter (mm)	درصد جوانه-زنی نهایی Final germination percentage	شاخص بنیه بذر Seed vigour index	سرعت جوانه‌زنی (تعداد در روز) Germination rate (No. day^{-1})	طول گیاهچه (سانتی-متر) Seedling length (cm)	وزن خشک گیاهچه (گرم) Seedling dry weight (g)
گونه Species	رازیانه Fennel	5.75^{a*}	2.02^{a}	2.02^{a}	94.16^{a}	829.25^{a}	3.67^{a}	8.76^{a}	3.28^{a}
	سیاهدانه Black cumin	2.77^{b}	1.46^{b}	0.97^{b}	91.33^{b}	721.61^{b}	3.59^{b}	7.87^{b}	2.89^{b}
	اسفرزه Isabgol	2.73^{b}	1.38^{b}	0.77^{c}	87.83^{c}	639.78^{c}	3.60^{b}	7.25^{c}	2.51^{c}
کود آلی Organic fertilizer	کود دامی Cow manure	3.75^{a}	-	-	96.44^{a}	873.5^{a}	3.70^{a}	9.02^{a}	3.32^{a}
	کمپوست بقایای قارچ Spent mushroom compost	3.94^{a}	-	-	91.55^{b}	769.44^{b}	3.54^{b}	8.38^{b}	2.95^{b}
	کمپوست زباله شهری Municipal waste compost	3.52^{b}	-	-	88.66^{c}	670.28^{c}	3.70^{a}	7.54^{c}	2.75^{c}
	شاهد Control	3.79^{a}	-	-	87.77^{c}	607.65^{d}	3.54^{b}	6.90^{d}	2.56^{d}

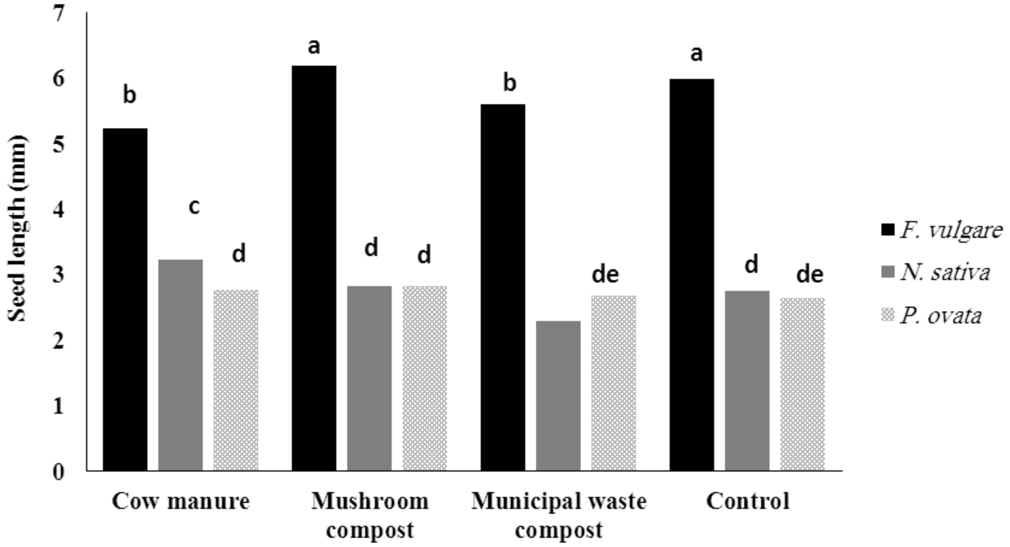
* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل یک حرف مشترک دارند بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد از اختلاف معنی‌دار برخوردار نیستند.
* Means in each column followed by the same letter are not significantly different (p≤0.05) using Duncans' Multiple Range test.

نتایج مشابه برای هر سه گیاه از نظر صفت شاخص بنیه بذر نیز مشاهده شد، به طوری‌که کاربرد کود دامی شاخص بنیه بذر را نسبت به شرایط عدم کاربرد کود آلی بهبود بخشید و اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کمپوست بقایای قارچ و زباله شهری داشت. بر اساس نتایج موجود، استفاده از کود دامی، کمپوست بقایای قارچ و زباله شهری، میانگین شاخص بنیه بذر را نسبت به تیمار شاهد به ترتیب برابر با 43/75، 26/62 و 10/3 درصد افزایش دادند (جدول 9). سرعت جوانه‌زنی بذور در هر سه گونه مورد مطالعه با کاربرد کود دامی و کمپوست زباله شهری نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. به طوری-که سرعت جوانه‌زنی در تیمارهای کود دامی و کمپوست زباله شهری به ترتیب حدود 1/04 برابر بیشتر از تیمار شاهد بود. همان‌طور که قبلاً اشاره شد استفاده از کودهای آلی باعث تولید بذور با وزن هزاردانه و اندازه بزرگ‌تر نسبت به تیمار شاهد شد. بنابراین به نظر می‌رسد هنگامی‌که گیاهان دارویی مورد مطالعه توسط کودهای آلی تغذیه شدند علاوه بر این‌که بذور قوی‌تری تولید کردند، تعادل عناصر غذایی مختلف در این بذور بیشتر از شرایط عدم کاربرد کودهای آلی بود که این خود منجر به افزایش بنیه و قدرت جوانه‌زنی بذور گردید. تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین نیز تأثیر اندازه بذر بر وزن و سرعت رشد گیاهچه را به عنوان شاخصی که می‌تواند کارایی مناسبی در ارزیابی قدرت بذر داشته باشد مورد تأیید قرار داده است (Amico et al., 1994; Chandra et al., 2008).

کلیه تیمارهای کودی مورد استفاده، میانگین طول گیاهچه را در هر سه گیاه دارویی مورد بررسی نسبت به تیمار شاهد افزایش دادند و تیمار کاربرد کود دامی بیشترین مقدار این صفت را دارا بود و اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای مورد استفاده نشان داد. بر اساس نتایج موجود، زمانی که از نهاده آلی استفاده نشد (شاهد)، میانگین طول گیاهچه به میزان 23/5، 17/66 و 8/48 درصد به ترتیب نسبت به کاربرد کود دامی، کمپوست قارچ و زباله شهری کاهش یافت (جدول 9). روند تغییر وزن خشک گیاهچه نیز از صفت طول گیاهچه تبعیت کرد، به طوری‌که تیمار شاهد نسبت به تیمارهای کودی مورد استفاده

وزن خشک گیاهچه پایین‌تری را دارا بود و سبب کاهش این صفت به میزان 22/89، 13/22 و 6/9 درصد به ترتیب نسبت به کاربرد کود دامی، کمپوست بقایای قارچ و زباله شهری گردید. به طوری‌که تغذیه گیاهان مورد مطالعه توسط کود دامی، کمپوست زباله شهری و کمپوست بقایای قارچ به ترتیب بیشترین تأثیر را بر افزایش وزن خشک این گیاهان داشت (جدول 9). اثر متقابل گونه و کود تنها بر طول بذر تأثیرگذار بود ($p\leq0/01$) (جدول 8). به طوری‌که بذور رازیانه با کاربرد کمپوست بقایای قارچ بیشترین طول بذر (6/19 میلی‌متر) و بذور سیاهدانه با کاربرد کمپوست زباله شهری کمترین طول بذر (2/3 میلی‌متر) را در بین تیمارهای مورد بررسی نشان دادند (شکل 1). در مقایسه هر گونه نیز مشاهده شد که در رازیانه بیشترین طول بذر با استفاده از کمپوست بقایای قارچ به دست آمد و اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت، اما 1/1 و 1/2 برابر به ترتیب بیشتر از کمپوست زباله شهری و کود دامی بود. در سیاهدانه نیز استفاده از کود دامی بیشترین طول بذر را به همراه داشت که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد به طوری‌که کمپوست زباله شهری طول بذر را 28/8 درصد نسبت به کود دامی کاهش داد. بیشترین طول بذر در اسفرزه در تیمار کمپوست بقایای قارچ به دست آمد هر چند اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نداشت اما منجر به افزایش طول بذر در حدود 7/2 درصد در مقایسه با عدم کاربرد کود آلی (با کمترین طول بذر به میزان 2/64 میلی‌متر) گردید (شکل 1).

به نظر می‌رسد هنگامی‌که سیاهدانه، اسفرزه و رازیانه توسط کودهای آلی تغذیه شدند، شرایط رشدی بهتر این گیاهان از طرفی منجر به تولید بذور با بنیه قوی‌تر شده و از طرف دیگر تعادل عناصر غذایی مختلف در بذور حاصل نسبت به شرایط عدم کاربرد کود مناسب‌تر بوده است. احتمالاً تعادل مناسب‌تر عناصر غذایی در بذور منجر به رشد بهتر گیاهچه این گیاهان دارویی شده که خود باعث افزایش طول و وزن خشک آن‌ها نسبت به تیمار شاهد گردیده است. بر اساس نتایج یک تحقیق عنوان شد که برای تعدادی از گونه‌های گیاهی مورد بررسی ارتباط مثبت و معنی‌داری بین اندازه بذر با درصد جوانه‌زنی و رشد و استقرار گیاهچه وجود دارد (Moles & Westoby, 2004).



شکل 1- میانگین طول بذر سه گونه اسفرزه، سیاهدانه و رازیانه تحت تأثیر کودهای آلی مختلف

Fig. 1- Means of seed length of isabgol, black cumin and fennel under organic fertilizer application

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که استفاده از کودهای آلی مختلف باعث بهبود عملکرد بذر و بیولوژیک هر سه گیاه دارویی مورد استفاده شدند. از بین کودهای آلی مورد استفاده، کمپوست بقایای قارچ بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد گیاهان مورد بررسی نسبت به تیمار عدم کاربرد کود آلی نشان داد. نتایج مطالعات آزمایشگاهی نیز نشان داد که صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه، شاخص بنیه بذر و طول بذر تحت تأثیر تیمارهای

کودی اختلاف معنی‌داری نشان دادند و در عوض تأثیر تیمار کودی بر عرض بذر و قطر بذر معنی‌دار نبود. در بین تیمارهای کودی بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی، طول گیاهچه، وزن خشک گیاهچه و شاخص بنیه بذر در هر سه گیاه مربوط به تیمار کود دامی بود. بنابراین از نتایج این آزمایش چنین استنتاج می‌شود که کاربرد کودهای آلی در تولید گیاهان دارویی علاوه بر این‌که باعث تولید عملکرد مطلوب نسبت به شرایط عدم کاربرد آن‌ها می‌شود، بر کیفیت بذور تولیدی و در نتیجه خصوصیات جوانه‌زنی بذور حاصل از این گیاهان نیز تأثیر مثبت دارد که متعاقباً می‌تواند با تولید گیاهچه‌های قوی‌تر منجر به بهبود رشد و در نتیجه حصول عملکرد مطلوب گیاه گردد.

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش از محل پژوهه شماره 003 پ مصوبه 1388/12/11، معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Abdul-baki, A.A., and Anderson, J.D. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Science 13: 630-633.

Adam, N.R., Dierig, D.A., Coffelt, T.A., and Wntermeyer, M.J. 2007. Cardinal temperatures for germination and early growth of two *Lesquerella* species. Industrial Crop and Products 25: 24-33.

Akbarnejad, F., Astaraei, A.R., Fotovat, A., and Nassiri Mahallati, M. 2011. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*). Iranian Journal of Field Crops Research 8: 767-771. (In Persian with English Summary)

Amico, R.U., Zizzo, G.V., Agnello, S., Sciortino, A., and Iapichino, G. 1994. Effect of seed storage and seed size on germination, emergence and bulbelt production of *Amaryllis belladonnal* L. Acta Horticulturae (ISHS) 362: 281-8.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36: 1737-1746.

Chandra Babu, R., Muralidharan, V., Seetha Rani, M., Nagarajan, M., Sree Rangasamy, S.R., and Pallikonda Perumal, R.K. 2008. Effect of seed size on germination and seedling growth in greengram (*Vigna radiata* L. Wilczek) and blackgram (*Vigna mungo* L. Hepper) cultivars. Journal of Agronomy and Crop Science 164: 213-216.

D’Antuono, L.F., Moretti, A., and Lovato, A.F.S. 2002. Seed yield, yield component, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. Industrial Crops and Product 15: 59-69.

Damjanivic, B., Lepojevic, V., and Tolic, A. 2005. Extraction of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) seeds with supercritical CO_2: Comparison with hydro distillation. Food Chemistry 92: 143-149.

Darzi, M.T., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2012. Effects of the application of organic manure and biofertilizer on the fruit yield and yield components in dill (*Anethum graveolens*). Journal of Medicinal Plants Research 6: 3345-3350.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Rajali, F., and Sefidkon, F. 2006. Investigation on biological fertilizers effects on yield and yield components of *Foeniculum vulgare* Mill. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22(4): 292-276. (In Persian with English Summary)

Edna Ursulino, A., Ademar Pereira, de O., and Riselane de Lucena Alacântara, B. 2005. Yield and physiological quality of coriander seeds cultivated with manure and mineral fertilizer. Revista Brasileira de Sementes 27: 132-137.

Ghaderifar, F., and Soltani, A. 2010. Seed Control and Certification. Jihad-e- Daneshgahi Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)

Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic production of medicinal, aromatic and dye-yielding plants (MADPs): forward, preface and introduction. FAO.

Hansol CVEA, Oelke, D., Putnam, H., and Oplinger, E.S. 1992. *Psyllium*. Alternative Field Crops Manual. Horticulture. Purdue University, Indiana.

Hermes, A. 2010. Organic seeds [Online]. Available at website: http://www.livestrong.com/article/143124-

definition-organic-seeds.

Irannezhad, A., Rahimi, A., and Vakili, M.A. 2010. Effects of different soil fertility treatments on mucilage, 1000-seed weight, leaf area and seed number of *Plantago ovata*. In 5th National Congress of New Idea in Agriculture, Islamic Azad University, Khorasgan, Isfahan, 27-28 February 2010 p. 1-4. (In Persian)

Jahan, M. 2008. Investigation on agroecology of corn symbiosis with mycorrhiza fungi and N-fixing bacteria in conventional and ecological cropping systems. PhD dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Jain, N.K., Jat, N.L., and Choudhary, G.R. 2007. Response of fennel (*Foeniculum vulgare*) to inorganic nitrogen, farmyard manure and *Azospirillum*. Indian Journal of Agricultural Sciences 77: 376-378.

Karla, A. 2003. Organic cultivation of medicinal and aromatic plants. A hope for sustainability and quality enhancement. Journal of Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-yielding Plants (MADPs). FAO.

Khandan, A., Astaraei, A., Nassiri Mahallati, M., and Fotovat, A. 2005. Effects of different levels of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of *Plantago ovata*. Iranian Journal of Field Crops Research 3(2): 253-245. (In Persian with English Summary)

Khattak, K.F., Simpson, T.J., and Hasnullah, I. 2008. Effect of gamma irradiation on the extraction yield, total phenolic content and free radical-scavengingactivity of *Nigella sativa* seed. Food Chemistry 110: 967-972.

Khorramdel, S. 2008. Effects of N and P biological fertilizers on quantitative criteria of *Nigella sativa*. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Nassiri Mahallati, M. 2007. The effect of irrigation and manure on quantitative and qualitative characteristics of *Plantago ovata* and *Plantago psyllium*. Asian Journal of Plant Sciences 6: 1229-1234.

Lebaschi, M., Ghalavand, A., Matin, A., Amin, G., Heidari Sharif Abadi, H. 2001. Effects of organic and chemical fertilizers and density on yield and secondary substances of *Hypericum perforatum*. Pajoohesh and Sazandegi 14: 18-24. (In Persian with English Summary)

Lotfi, A., Vahabi Sadi, A., Ghanbari, A., and Heidari, M. 2008. Investigation on the effects of water deficit and manure on quantitative and qualitative criteria of *Plantago ovata* in Systan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(4): 506-518. (In Persian with English Summary)

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination. Aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Journal of Crop Sciences 2: 176-177.

Mehta, B.K., Pandit, V., and Gupta, M. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. Natural Product Research 23: 138-148.

Moles, A.T., and Westoby, M. 2004. Seedling survival and seed size: A synthesis of literature. Journal of Ecology 92: 372-383.

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2009. Effects of biological and organic fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare*. Iranian Journal of Field Crops Research 7(2): 625-635. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nasiri Mahallati, M., and Nezhadali, A. 2011. Effects of organic and biological fertilizers on fruit yield and essential oil of sweet fennel (*Foeniculum vulgare* var. dulce). Spanish Journal of Agricultural Research 9: 546-553.

Nadi, M. 2005. Investigation on the effects of different levels of many vermicompost types on growth and chemical composition of Pistachio seedling. MSc thesis, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran. (In Persian with English Summary)

Ogbonna, P.E., and Umar-Shaaba, Y.G. 2011. Yield responses of sesame (*Sesamum indicum*) to rates of poultry manure application and time of planting in a derived savannah ecology of south eastern Nigeria. African Journal of Biotechnology 10: 14881-14887.

Patel, B.S., Amin, A.U., Patel, K.P., and Patel, M.M. 2003. Influence of organic manures alone or in combination with inorganic fertilizer on productivity of winter drilled fennel (*Foeniculum vulgare*). Indian Journal of Agronomy 48: 232-234.

Tabrizi, L. 2004. Effects of water stress and manure on quantitative and qualitative criteria of *Plantago ovata* and

Plantago psyllium. MSc thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Tabrizi, L., Dezhabon, F., Mostofi, Y., and Moridi Farimani, M. 2012. Effects of organic inputs on growth characteristic, yield and qualitative criteria of *Calendula officinalis*. Journal of Agroecology 1(2): 34-51. (In Persian with English Summary)

Vahabi Mashak, F., Mirseyed Hosseini, H., Shorafa, M., and Hatami, S. 2008. Investigation on the effects of mushroom compost in some chemical characteristics of soil and leaching water. Journal of Water and Soil 22(2): 394-406. (In Persian with English Summary)

Vasmate, S.D., Patil, R.F., Manolikar, R.R., Kalabandi, B.M., and Digrase, S.S. 2008. Effect of spacing and organic manures on seed of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Asian Journal of Horticulture 3: 127-129.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 153-168

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 168-153

Investigation of Yield and Germination Qualitative Characteristics of seeds of Black Cumin (*Nigella sativa* L.), Isabgol *(Plantago ovate* Forsk.) and Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under Organic Cultivation

A. Koocheki[1*], L. Tabrizi[2], M. Keikha Akhar[3] and A. Roohi[4]

Submitted: 20-08-2013
Accepted: 19-09-2013

Koocheki, A., Tabrizi, L., Keikha Akhar, M., and Roohi, A. 2016. Investigation of Yield and Germination Qualitative Characteristics of seeds of Black Cumin (*Nigella sativa* L.), Isabgol *(Plantago ovate* Forsk.) and Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under Organic Cultivation. Journal of Agroecology 8(2): 153-168.

Introduction

During the last decades interest in organic production of seed specially for medicinal plants take into consideration because of higher quality of organic products (Hermes, 2010). Seed germination is one of the principal stages in the plant life cycle and seeds with higher quality and vigour resulted in more pronounced seedlings growth and development. Therefore, investigation of agronomic practices specially nutrient management in the field is important because of its effective role in the promotion of plant growth, yield and consequently seeds with good quality criteria.

Materials and methods

In order to investigate seed quantitative and qualitative criteria of black cumin (*Nigella sativa* L.), isabgol (*Plantago ovate* Forsk.) and fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under application of organic fertilizers including cow manure, spent mushroom compost, municipal waste compost and control, an experiment was conducted in a complete randomized block design with three replications at Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, during two growing season of 2010-2011 and 2011-2012. Consequently, their seed quality criteria were evaluated in a factorial experiment based on completely randomized design with three replications in Laboratory of Seed Technology at College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. Criteria such as biological and seed yield, harvest index, 1000- seed weight, length, width and diameter of seed, seed germination percentage and rate, seed vigour index, length and weight of seedling were investigated.

Results and discussion

Results indicated that organic fertilizers caused a significant increase in seed yield and biological yield in which spent mushroom compost had the highest effect on mentioned criteria compared to control in both years of experiment. Harvest index was not affected by fertilizers in isabgol and black cumin in both years while showing a significant effect in fennel. Application of spent mushroom composts in the first year of experiment and municipal waste compost in the second year of the experiment affected 1000- seed weight of isabgol and black cumin, respectively. Also, seed germination percentage and rate, seedling length and weight and seed vigour index were affected by organic fertilizers in three studied species, in which cow manure performed better and caused the highest amount of seed criteria compared to control. Based on the results, application of cow manure, spent mushroom compost and municipal waste compost resulted in an increase of 43.75, 26.62 and 10.3 % in seed vigour index in comparison with control, respectively. Non-application of organic fertilizers caused 23.5, 17.66 and 8.48% reduction of mean seedling length compared to using cow manure, spent mushroom compost and municipal waste compost, respectively. Also, seedling dry weight had a similar trend like seedling length. Interaction effect of species and organic inputs affected seed length significantly, in which, spent mushroom compost caused the highest amount of seed length in studied species. Fennel seeds by using spent

1 and 4- Professor and MSc Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
2- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
3- Former MSc Student, Department of Agronomy, Seed Science and Technology, Faculty of Agricultural Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)

mushroom compost showed the highest seed length (6.19 mm) among different studied species and organic inputs. It seems black cumin, isabgol and fennel under organic nutrition showed more pronounce growth and yield in which resulted in production of seeds with higher vigour and germination criteria. Probably adequate balance of nutrients in seeds caused better growth of seedlings and consequently increased their length and dry weight compared to non application of organic fertilizers.

Conclusion

In general, the results of this experiment revealed that application of organic fertilizers such as cow manure, spent mushroom compost, municipal waste compost promoted both yield and seed quality characteristics of three studied species, black cumin, isabgol and fennel, which seems a promising result in production of organic medicinal plants.

Acknowledgments

This project was supported by the fund provided by the vice chancellor for research and technology of Ferdowsi University of Mashhad for which the authorsare thankful.

Keywords: Compost, Germination rate, Harvest index, Manure, Seed vigour index

References

Hermes, A. 2010. Organic seeds [Online]. Available at website: http://www.livestrong.com/article/143124-definition-organic-seeds.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 169-181

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 181-169

ارزیابی راهکارهای سازگاری نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) به تغییرات اقلیمی آینده در استان زنجان

امیر حجارپور[1*]، نسیم مقدادی[2]، افشین سلطانی[3] و بهنام کامکار[4]

تاریخ دریافت: 1393/03/03
تاریخ پذیرش: 1393/06/26

حجارپور، ا.، مقدادی، ن.، سلطانی، ا.، و کامکار، ب. 1395. ارزیابی راهکارهای سازگاری نخود دیم (*Cicer arietinum* L.) به تغییرات اقلیمی آینده در استان زنجان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 181-169.

چکیده

تغییرات بسیار اندک شرایط اقلیمی نسبت به وضع معمول بر توان تولیدی گیاهان زراعی اثرات شگرف خواهد داشت، بنابراین ارزیابی میزان کارایی راه‌های سازگاری به شرایط آینده برای توسعه پایدار یک ناحیه یا منطقه ضروری است. هدف از این مطالعه ارزیابی راهکارهای سازگاری کشت دیم گیاه نخود به شرایط تغییر اقلیم (افزایش چهار درجه سانتی‌گرادی دما، کاهش 10 درصدی بارندگی و افزایش دو برابری دی‌اکسید کربن) در استان زنجان با استفاده از مدل SSM-Chickpea بود. در شرایط اقلیمی آینده، میانگین عملکرد استان به طور متوسط با 38/4 درصد افزایش بـه 1036 کیلـوگرم در هکتار خواهد رسید که اختلاف معنی‌داری با شرایط فعلی (760 کیلوگرم در هکتار) دارد. سه روش مدیریتی (تسریع در کاشت، استفاده از ارقام زودرس و تلفیقی از زودرسی و تسریع در کاشت) جهت سازگاری با تغییرات اقلیمی آینده شبیه‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که استفاده از ارقام زودرس به همراه تسریع در کاشت در شرایط آینده میانگین عملکرد استان را تا 94/5 درصد نسبت به شرایط فعلی افزایش می‌دهد و به 1452 کیلوگرم در هکتار می‌رساند. کاهش طول دوره رشدی گیاه و عدم برخورد با دماهای فوق مطلوب در هنگام پر شدن دانه، توزیع آب بین فاز رویشی و زایشی در اثر کم شدن دوره رشد رویشی و فرار از تنش خشکی آخر فصل به علت منطبق شدن دوره رشدی گیاه با فصل رشد از جمله دلایل افـزایش عملکـرد نخود در شرایط به کارگیری راهکارهای سازگاری می‌باشند. در این شرایط با توجه به کاهش ریسک مخاطرات محیطی در طـی سـال‌هـای مختلـف، پایداری عملکرد تا 28/4 درصد افزایش خواهد یافت.

واژه‌های کلیدی: افزایش دی‌اکسیدکربن، کاهش بارندگی، پایداری عملکرد، مدل نخود

مقدمه

در آخرین گزارش هیأت بین‌المللی تغییر اقلیم[5] با شدت بیشـتری بر تغییرات اقلیمی ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای تأکید شده کـه این تولید گازهای گلخانه‌ای هم خود ناشی از فعالیت‌های انسان است (Seneviratne et al., 2012). وجود عدم قطعیت و تردیـد در مـورد تغییر اقلیم و چگونگی اثر آن بر محصـولات کشـاورزی و وابسـتگی کشورهای در حال توسعه به کشاورزی، بررسی اثـر تغییـر اقلـیم بـر زراعت آبی و دیم گیاهان زراعی را ضروری می‌کند. در طول تاریخ نیز کشاورزان، شیوه‌های زراعی خود را مطابق با تغییرات محیطی تنظیم کرده‌اند، همچنین برای سازگار شدن با تغییرات محیطی از رقم‌هـای جدید استفاده می‌کرده‌اند (CSSA, 2011).

رشد و عملکرد گیاهان زراعی در شرایط اقلیم معمول بـه میـزان زیادی به وسیله شرایط آب و هوایی در طی فصل رشد تعیین می‌شود. حتی تغییرات بسیار اندک شرایط اقلیمی نسبت به وضـع معمـول بـر توان تولیدی گیاهان زراعی اثرات شگرف خواهد داشت (Mall et al., 2004). بنابراین در آینده پیش‌بینی مقدار و الگوی بارش و عملکرد از اهمیـت بیشـتری نسـبت بـه شـرایط فعلـی برخـوردار خواهنـد بـود

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشـد اگرواکولوژی، استاد و دانشیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعـی گرگان
(*- نویسنده مسئول: (Email: ahajarpoor@gau.ac.ir

5- Intergovernmental panel on climate change

(Ludwig & Asseng, 2006).

اظهار شده است که تغییر اقلیم علاوه بر تأثیر بر روی تولید محصولات کشاورزی، با تأثیر بر منابع آب و میزان بارش، بر پایداری تولید در مناطق خشک و نیمه‌خشک اثر منفی بر جای خواهد گذاشت (Fuhrer, 2003) و باعث می‌شود که تعداد سال‌های با عملکرد پایین افزایش یابد (Ludwig & Asseng, 2006). از این‌رو، شناخت نوسان‌های زمانی و مکانی پارامترهای هواشناسی (نظیر دما، بارش، رطوبت نسبی و نظایر آن) و تأثیر آن بر بوم‌نظام‌های کشاورزی جهت مدیریت منابع آبی و تولیدات کشاورزی و اتخاذ راهبردهای مناسب بسیار ضروری می‌باشد (Fuhrer, 2003). زرعکانی و همکاران (Zarakani et al., 2014) طی مطالعه‌ای روی اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم (مطالعه موردی خراسان شمالی) نشان دادند که رابطه معنی‌داری بین لگاریتم پارامترهای دمای کمینه، دمای بیشینه و بارندگی سالانه با عملکرد گندم دیم مشاهده شد.

علاوه بر اهمیت نخود (*Cicer arietinum* L.) به عنوان یک منبع غذایی مهم برای تغذیه انسان و دام، این گیاه می‌تواند در حاصلخیزی خاک، به ویژه در مناطق خشک مؤثر باشد. به همین دلیل از اجزای مهم الگوهای کشت و عامل افزایش پایداری در نظام‌های تولیدی کشاورزی به شمار می‌رود (Soltani et al., 2006). با توجه به این‌که این گیاه نسبت به سایر حبوبات سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی کشور دارد و می‌تواند بخشی از نیازهای پروتئینی کشور را تأمین کند، باید بیشتر مورد توجه کشاورزان و مسئولان کشور قرار گیرد.

استان زنجان که در قسمت مرکزی و شمال‌غربی کشور، واقع شده است دارای اوضاع جوی و شرایط اقلیمی بسیار متغیر بر حسب پستی و بلندی‌های منطقه است. این استان دارای 466168 هکتار زمین زراعی می‌باشد که 7015 هکتار آن زیر کشت نخود دیم با میانگین عملکرد 366 کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Agricultural statistic, 2010).

اثرات تغییر اقلیم بر تولید نخود دیم در استان زنجان در مطالعات دیگری مورد بررسی قرار گرفته است (Meghdadi, 2012; Meghdadi et al., 2014)، اما راهکارهای سازگاری به تغیرات اقلیمی آینده و ارزیابی میزان کارایی هر یک از این راهکارها در استفاده از شرایط جدید اقلیمی در آینده برای توسعه پایدار یک ناحیه یا منطقه ضروری است (Luo et al., 2009). این راهکارها شامل ارقام جدید، تغییر در تاریخ کاشت، ایجاد تناوب‌های زراعی جدید، تغییر در تعداد سال‌های آیش جهت ذخیره‌سازی آب در خاک و همچنین معرفی گیاهان جایگزین و یا جدید در یک منطقه می‌باشد (White et al., 2011).

تاریخ کاشت به عنوان یک راهکار ساده و کم‌هزینه در مطالعات بسیاری مورد استفاده قرار گرفته است (White et al., 2011) که می‌تواند راه‌حلی برای سازگاری با افزایش دما در آینده باشد. همچنین تحت شرایط گرم‌تر آینده ممکن است به گیاهانی با طول دوره رشدی متفاوت از آن‌چه در حال حاضر کشت می‌شود، نیاز باشد (Soltani & Sinclair, 2012b).

بنابراین هدف از این مطالعه تکمیل مطالعات قبلی و ارزیابی راهکارهای سازگاری به شرایط تغییر اقلیم در آینده و تولید نقشه‌های عملکرد شبیه‌سازی شده برای تولید نخود دیم تحت شرایط آب و هوایی استان زنجان بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

این ارزیابی در استان زنجان در شهرستان‌های زنجان، آبهر، خدابنده، خرمدره، ماهنشان، گرماب و خیرآباد انجام شد. اطلاعات ایستگاه‌های مستقر در این شهرستان‌ها در جدول 1 آورده شده است. این منطقه بر حسب پستی و بلندی‌های آن دارای شرایط جوی و اقلیمی متغیری است (شکل 1)، اما با توجه به زمستان‌های سرد این منطقه کشت نخود به طور معمول به صورت بهاره انجام می‌گیرد.

مدل مورد استفاده

برای شبیه‌سازی اثرات تغییرات اقلیم بر گیاه نخود از مدل SSM-Chickpea (Soltani & Sinclair, 2012a) استفاده شد. این مدل توانایی شبیه‌سازی مراحل فنولوژی، گسترش و پیری برگ، توزیع ماده خشک، موازنه نیتروژن گیاه، عملکرد و موازنه آب خاک را دارد (Soltani & Sinclair, 2011; Soltani & Sinclair, 2012a; Vadez et al., 2013). پاسخ فرآیندهای گیاهی به عوامل محیطی مانند تابش خورشیدی، فتوپریود، دما، نیتروژن و آب قابل دسترس و تفاوت‌های ژنتیکی ارقام در مدل در نظر گرفته شده است. مدل، شبیه‌سازی را به صورت روزانه انجام می‌دهد و از اطلاعات قابل دسترس آب و هوا و خاک استفاده می‌کند. سینکلر و سلطانی (Soltani & Sinclair, 2011).

جدول 1- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استان زنجان و تعداد سال‌های شبیه‌سازی شده
Table 1- Features of synoptic meteorological stations in Zanjan province and simulated years number

ایستگاه Station	عرض (شمالی) (درجه) Latitude (N) (degree)	طول (شرقی) (درجه) Longitude (E) (degree)	ارتفاع (متر) Elevation (m)	دوره زمانی مبنا (سال) Base period (year)	تعداد سال‌های شبیه‌سازی شده Number of Simulated years
آببر Abbar	36.56	48.58	1300	1999-2011	12
گرماب Garmab	36.7	48.35	1887	1994-2011	17
خیرآباد Kheirabad	36.11	49.11	1575	1986-2011	25
خدابنده Khodabande	36.46	47.4	620	1997-2011	14
خرمدره Khoramdare	36.41	48.29	1663	1961-2011	51
ماهنشان Mahneshan	36.41	48.35	1870	2000-2011	11
زنجان Zanjan	36.08	48.13	1540	1996-2011	15

با استفاده از داده‌های مستقل که از آزمایشات مزرعه‌ای در محدوده وسیعی از شرایط محیطی به دست آمده بود، و با مقایسه پیش‌بینی‌های مدل با واقعیت، مدل را بسیار مفید و دارای عمومیت[1] در شرایط مختلف محیطی معرفی کردند.

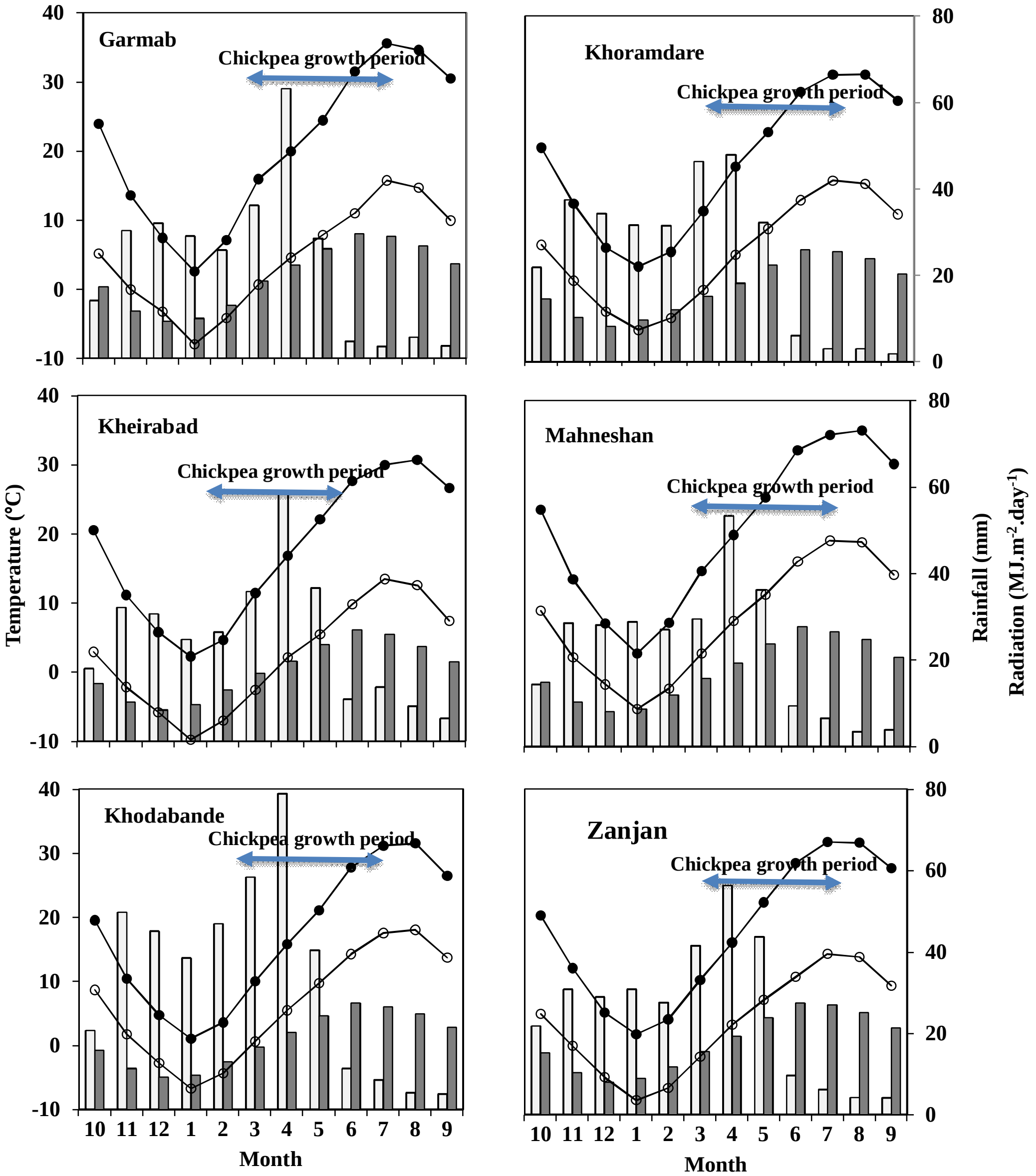
نتایج ایشان نشان داد که در اغلب موارد، عملکرد دانه شبیه‌سازی شده مشابه با عملکرد مشاهده شده (محدوده‌ای بین 20 تا 379 کیلوگرم در هکتار) است. جذر میانگین مربعات خطا[2] (RMSE) برای مقایسات ایشان برابر 26 کیلوگرم در هکتار (15 درصد میانگین عملکرد اندازه‌گیری شده) بود. ایشان پارامترهای مورد استفاده در مدل را در محدوده وسیعی از شرایط محیطی تقریباً ثابت دانستند. وادز و همکاران (Vadez et al., 2013) نیز نتایج مشابهی را برای شرایط هند با عرض‌های جغرافیایی متفاوت تجربه کردند.

برای بررسی واکنش مدل به افزایش دی‌اکسیدکربن نیاز به اعمال تغییراتی در آن وجود دارد (Soltani & Sinclair, 2012b)؛ افزایش دی‌اکسیدکربن به طور مستقیم دو پارامتر مدل یعنی کارایی استفاده از تشعشع و ضریب کارایی تعرق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای اعمال این تغییرات و با توجه به منابع موجود، کارایی استفاده از تشعشع به میزان 23 درصد افزایش داده شد که اساس آن گزارش سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2007) مبنی بر افزایش 23 درصدی کارایی استفاده از تشعشع در اثر دو برابر شدن دی‌اکسیدکربن از 350 به 700 میکرو مول بر مول بود. برای تغییر ضریب کارایی تعرق به این علت که بر روی نخود مشاهدات مستقیمی وجود نداشت از آزمایشات انجام شده بر روی گندم (*Triticum aestivum* L.) (Asseng et al., 2004) استفاده و کارایی تعرق به میزان 37 درصد افزایش داده شد.

شبیه‌سازی‌ها

مدل برای شرایط دیم و تحت سناریوهای مختلف برای هر منطقه اجرا شد. اثر غیر مستقیم افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن (تغییر در دما و بارندگی)، با تغییرات اعمال شده در داده‌های هواشناسی، خروجی‌های مدل را تحت تأثیر قرار داد؛ اثر مستقیم آن نیز با تغییر دو پارامتر مدل یعنی کارایی استفاده از تشعشع و ضریب کارایی تعرق در مدل اعمال شد. تاریخ کاشت برای تمام سناریوها و نقاط 15 فروردین در نظر گرفته شد که تاریخ کاشت مرسوم منطقه است. تعداد سال‌های شبیه‌سازی با توجه به آمار هواشناسی موجود برای هر ایستگاه (جدول 1) تعیین شد.

1- Generality
2- Root mean square error



شکل 1- میانگین ماهانه حداقل (دایره‌های روشن) و حداکثر دما (دایره‌های تاریک)، بارندگی (ستون‌های روشن) و تشعشع خورشیدی (ستون‌های تاریک) ایستگاه‌های سینوپتیک استان زنجان بر اساس دوره زمانی مبنا

Fig. 1- Long-term monthly mean of maximum (filled circles) and minimum (open circles) temperature, monthly total rainfall (light bars) and radiation (dark bars) in synoptic meteorological stations of Zanjan province

ماه‌ها بر اساس میلادی و علامت پیکان نشان‌دهنده دوره رشد نخود در منطقه است.

Note that x-axis starts with November (month 10) and arrows indicate the growing period of chickpea.

مقدار آب قابل دسترس خاک در هنگام کاشت در حد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد و از پارامترهای رقم جم (Soltani & Sinclair, 2011) در مدل استفاده شد. تراکم بوته در تمامی نقاط برای شرایط دیم 30 بوته در مترمربع، نوع خاک مناطق از نوع لوم-شنی با عمق 90 سانتی‌متر و کسر حجمی آب قابل دسترس 0/13 سانتی‌متر بر سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. مقدار نیتروژن خاک هم

که در اول فصل قبل از فعال شدن تثبیت زیستی نیتروژن قابل جذب است، سه گرم در مترمربع در نظر گرفته شد.

در این مطالعه دو سناریوی شرایط فعلی[1] (Cur) و شرایط تغییر اقلیم[2] (CC) به عنوان شاهد شبیه‌سازی شدند. شرایط فعلی با توجه به داده‌های هواشناسی بلندمدت هر ایستگاه و شرایط تغییر اقلیم که پیش‌بینی می‌شود در سال 2100 میلادی اتفاق بیافتد (Seneviratne et al., 2012)، با افزایش چهار درجه سانتی‌گرادی دما، کاهش 10 درصدی بارندگی و افزایش دو برابری دی‌اکسیدکربن شبیه‌سازی شدند. همچنین سه راهکار سازگاری (تسریع در کاشت، استفاده از ارقام زودرس و تلفیقی از زودرسی و تسریع در کاشت) شبیه‌سازی و مورد ارزیابی قرار گرفتند.

تسریع در کاشت[3] (es): در مطالعات مختلف تغییر تاریخ کاشت به عنوان یک راهکار ساده و کم‌هزینه مورد تأکید قرار گرفته است (Van Ittersum et al., 2003; Luo et al., 2009)؛ بنابراین تغییر در تاریخ کاشت (15 روز تسریع در کاشت) در این مطالعه مورد ارزیابی قرار گرفت.

استفاده از ارقام زودرس[4] (ec): برای غلبه بر شرایط خشک‌تر در آینده احتمالاً به ارقام زودرس‌تر احتیاج باشد (Luo et al., 2009)، بنابراین راهکار دیگری که برای سازگاری به کار گرفته شد، کاهش 20 درصدی روز بیولوژیک مورد نیاز از سبز شدن تا گلدهی بود. یک روز بیولوژیکی برابر با یک روز تقویمی است که در آن فتوپریود، دما و آب خاک در حد مطلوب باشد (Soltani & Sinclair, 2011). کاهش روز بیولوژیک مورد نیاز برای مراحل نموی مختلف ساده‌ترین راه برای شبیه‌سازی ارقامی با سرعت رشدی سریع‌تر است (Hajarpoor et al., 2014b)، که این ارقام باید از طریق بهبود ژنتیکی حاصل شوند. همچنین بیان این نکته ضروری است که در این مطالعه ارقام دیررس نیز مورد بررسی قرار گرفتند، اما به این علت که موجب کاهش عملکرد شد از بحث راجع به آن صرف‌نظر شد.

تلفیق زودرسی و تسریع در کاشت (ec+es): سومین شیوه سازگاری که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفت، برهمکنش اثر ترکیبی زودرسی و تسریع در کاشت بود.

تجزیه واریانس در برنامه SAS 9.3 به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا شد که در آن سال‌ها بلوک و شهرستان‌ها تیمار در نظر گرفته شدند (Soltani, 2006). میانگین عملکرد مربوط به روش‌های مدیریتی مختلف سازگاری به همراه شرایط فعلی و تغییر اقلیم با استفاده از آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار[5] (LSD) در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تغییر اقلیم

میانگین عملکرد دانه شبیه‌سازی شده در شرایط فعلی برای استان 760 کیلوگرم در هکتار بود که گرماب و خدابنده به ترتیب با 490 و 1151 کیلوگرم در هکتار حداقل و حداکثر عملکرد را دارند.

در شرایط اقلیمی آینده (CC) و در شرایط استفاده از همان رقم و تاریخ کاشت، میانگین عملکرد استان به طور متوسط با 38/4 درصد افزایش به 1036 کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. میزان عملکرد در این شرایط به جز شهرستان آببر در سایر شهرستان‌ها از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با شرایط فعلی داشت (جدول 2). در این شرایط گرماب بیشترین درصد افزایش را داشته و میانگین عملکرد در این شهرستان با 63/4 درصد افزایش به 801 کیلوگرم در هکتار رسیده است. حداقل تغییرات عملکرد نخود در شهرستان آببر با 16/2 درصد افزایش خواهد بود و عملکرد در این شهرستان به 847 کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. قابل ذکر است که خدابنده با 1474 کیلوگرم در هکتار بیشترین تولید را دارا خواهد بود (جدول 2). دلیل افزایش عملکرد نسبت به شرایط حاضر، تأثیر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر افزایش فتوسنتز و کاهش تعرق است (Meghdadi et al., 2014)؛ همچنین افزایش درجه حرارت، علاوه بر تعدیل دماهای پایین در هنگام گلدهی (Clarke & Siddique, 2004)، باعث کاهش طول دوره رشدی گیاه شده و احتمال برخورد گیاه با تنش خشکی انتهای فصل کاهش خواهد یافت (Hajarpoor et al., 2014a) که مجموع این عوامل می‌تواند به افزایش عملکرد نخود منجر شود. قلی‌پور و سلطانی (Gholipoor & Soltani, 2009) نیز با شبیه‌سازی اثر تغییر اقلیم و بررسی تولید نخود در ایکاردا، سوریه و پنج نقطه کشور، کاهش عملکرد نخود آبی و افزایش تولید نخود دیم را در تمامی این نقاط پیش‌بینی کردند.

1- Current
2- Climate change
3- Early sowing
4- Earlier maturity cultivars
5- Least significant difference

جدول ۲- مقایسه عملکرد نخود دیم رقم جم تحت راهکارهای سازگاری مختلف در استان زنجان در مقایسه با شرایط فعلی (Cur) و شرایط اقلیمی محتمل (CC) در سال ۲۱۰۰

Table 2- Yield comparison between rainfed chickpea Var. Jam based on the various adaptation strategies in the current (Cur) and also possible climatic condition (CC) in 2100 for Zanjan province

ایستگاه Station	Cur	CC		CC+es			CC+ec			CC+es+ec		
	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	تغییر ۱ (درصد) Change1 (%)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	تغییر ۱ (درصد) Change 1 (%)	تغییر ۲ (درصد) Change 2 (%)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	تغییر ۱ (درصد) Change 1 (%)	تغییر ۲ (درصد) Change 2 (%)	عملکرد (کیلوگرم در هکتار) Yield (kg.ha^{-1})	تغییر ۱ (درصد) Change 1 (%)	تغییر ۲ (درصد) Change 2 (%)
آببر Abbar	729^{d*}	847^{d}	16.2	1166^{b}	59.9	37.6	1002^{c}	37.5	18.3	1385^{a}	90	63.5
گرماب Garmab	490^{c}	801^{b}	63.4	880^{ab}	79.5	9.9	1026^{a}	109.2	28.1	1048^{a}	113.9	30.9
خیرآباد Kheirabad	726^{d}	1023^{c}	40.9	1152^{bc}	58.7	12.6	1220^{ab}	68	19.2	1397^{a}	92.5	36.6
خدابنده Khodabande	1151^{d}	1474^{c}	28.1	1732^{b}	50.5	17.5	1566^{c}	36	6.2	1870^{a}	62.4	26.8
خرمدره Khoramdare	807^{e}	1089^{d}	35.1	1413^{b}	75.1	29.6	1244^{c}	54.2	14.2	1561^{a}	93.6	43.3
ماهنشان Mahneshan	722^{d}	978^{c}	35.7	1263^{b}	75	29	1196^{b}	65.8	22.2	1410^{a}	95.4	44
زنجان Zanjan	699^{d}	1043^{c}	49.3	1273^{b}	82.3	22.1	1233^{a}	76.5	18.2	1491^{a}	113.5	43
میانگین Average	760	1037	38.4	1268	68.7	22.6	1212	63.9	18.1	1452	94.5	41.2

سناریوهای سازگاری شامل تسریع در کاشت (CC+es)، استفاده از رقم زودرس (CC+ec) و تلفیقی از تسریع در کاشت و زودرسی در شرایط آینده (CC+es+ec) می‌باشند.

Adaptation scenarios included by earlier sowing (CC+es), earlier maturity and (CC+es) a combination of both earlier sowing and earlier maturity (CC+es+ec).

* در هر ردیف، میانگین‌های عملکردی که حداقل در یک حرف اشتراک دارند از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار ندارند.

* The numbers with different letters indicate significant differences at 5% level of probability in each column.

درصد تغییر ۱، اختلاف بین عملکرد شبیه‌سازی شده با شرایط فعلی (Cur) و درصد تغییر ۲، اختلاف بین عملکرد شبیه‌سازی شده با شرایط تغییر اقلیم (CC) را بیان می‌کند.

Change 1, is the percent of differences between simulated yields with current situation and change 2, is the percent of differences between simulated yields with climate change situation.

جدول ۳- مقایسه ضریب تغییرات (CV) عملکرد در سناریوهای سازگاری نخود دیم رقم جم تحت سناریوی تسریع در کاشت در شرایط آینده (CC+es)، استفاده از رقم زودرس‌تر (CC+ec)، تلفیقی از تسریع در کاشت و زورسی (CC+es+ec) با شرایط اقلیمی فعلی (Cur) و شرایط تغییر اقلیم (CC) در استان زنجان

Table 3- Comparison of coefficient variation (CV) of yield between rainfed chickpea Var. Jam based on the various adaptation strategies included by earlier sowing (CC+es), earlier (CC+ec) maturity and a combination of both earlier sowing and earlier maturity (CC+es+ec) in the current (Cur) and also possible climatic condition (CC) in Zanjan Province

ایستگاه Station	Cur	CC		CC+es			CC+ec			CC+es+ec		
	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	تغییر ۱ (درصد) Change 1 (%)	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	تغییر ۱ (درصد) Change 1 (%)	تغییر ۲ (درصد) Change 2 (%)	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	تغییر ۱ (درصد) Change 1 (%)	تغییر ۲ (درصد) Change 2 (%)	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	تغییر (درصد) Change 1 (%)	تغییر ۲ (درصد) Change 2 (%)
آبر Abbar	53.9	55.5	3	49.6	-8	-10.6	48.8	-9.5	-12.1	40.5	-24.9	-27
گرماب Garmab	47.5	46.9	-1.3	31.3	-34.1	-33.3	38.2	-19.6	-18.6	27.7	-41.7	-40.9
خیرآباد Kheirabad	37.3	37.4	0.2	34	-8.9	-9.1	31.7	-15.1	-15.2	31.2	-16.4	-16.6
خدابنده Khodabande	48.2	42.8	-11.2	34.7	-28	-18.9	31.3	-35.1	-26.9	25.1	-47.9	-41.4
خرمدره Khoramdare	27.9	33.1	18.6	30.6	9.7	-7.6	30.5	9.3	-7.9	26.7	-4.3	-19.3
ماهنشان Mahneshan	39	39	0	30.4	-22.1	-22.1	25.9	-33.6	-33.6	26.4	-32.3	-32.3
زنجان Zanjan	34.4	41.2	19.8	36.9	7.3	-10.4	34.4	0	-16.5	32.3	-6.1	-21.6
میانگین Average	41.2	42.3	4.2	35.4	-12	-16	34.4	-14.8	-18.7	30	-24.8	-28.4

درصد تغییر ۱، اختلاف بین عملکرد مشاهده شده با شرایط فعلی (Cur) و درصد تغییر ۲، اختلاف بین عملکرد شبیه‌سازی شده با شرایط تغییر اقلیم (CC) را بیان می‌کند.

Change 1, is the percent of differences between simulated yields with current (Cur) situation and change 2, is the percent of differences between simulated yields with climate change (CC) situation.

تسریع در کاشت

میانگین عملکرد نخود در شرایط اقلیمی آینده زمانی که کاشت 15 روز زودتر انجام شود، به طور متوسط برابر 1268 کیلوگرم در هکتار برآورد شد که نسبت به تاریخ کاشت معمول در شرایط تغییر اقلیم، 22/6 درصد و نسبت به شرایط فعلی، 68/7 درصد افزایش خواهد یافت. دامنه عملکرد شهرستان‌ها از 880 کیلوگرم در هکتار در گرماب تا 1732 کیلوگرم در هکتار در خدابنده متغیر بود (جدول 2). حداقل افزایش عملکرد نسبت به شرایط فعلی در خدابنده (50/5 درصد) و نسبت یه شرایط تغییر اقلیم در گرماب (9/9 درصد) و حداکثر آن نسبت به شرایط فعلی در زنجان (82/3 درصد) و نسبت به شرایط تغییر اقلیم در آبر (59/9 درصد) پیش‌بینی می‌شود. با توجه به این نکته که محدودیت کشت زود هنگام در بهار به علت بارندگی و یخ‌زدگی زمین در آینده کاهش خواهد یافت، بنابراین به نظر می‌رسد که تسریع در کاشت یک راهکار مؤثر سازگاری جهت کسب منفعت از شرایط تغییریافته اقلیمی باشد (Luo et al., 2009). افزایش عملکرد از طریق تغییر تاریخ کاشت به علت تطبیق بهتر دوره رشدی گیاه با فصل رشد است که در اثر تغییر اقلیم جا به جا شده است. در این شرایط اثرات منفی دماهای بالا بر عملکرد به ویژه در طول دوره پر شدن دانه که باعث کاهش شاخص برداشت می‌شود، کاهش خواهد یافت (Hajarpoor et al., 2013)؛ همچنین به دلیل وجود دماهای پایین‌تر در طی مراحل رشدی گیاه، کارایی تعرق افزایش خواهد یافت (Soltani & Faraji, 2006). فرار از تنش خشکی انتهای فصل در شرایط تسریع در کاشت نیز از دیگر دلایل افزایش عملکرد خواهد بود (Hajarpoor et al., 2014b).

لازم به ذکر است که تحت این شرایط افزایش عملکرد همراه با افزایش 12 درصدی پایداری عملکرد نسبت یه شرایط فعلی (کاهش ضریب تغییرات عملکرد از 41/2 به 35/4 درصد) و 16 درصدی نسبت به شرایط تغییر اقلیم (کاهش ضریب تغییرات عملکرد از 42/3 به 35/4 درصد) خواهد بود (جدول 3). دلیل افزایش پایداری می‌تواند کاهش خطر وقوع تنش‌های خشکی آخر فصل می‌باشد که باعث کاهش نوسانات عملکرد در سال‌های مختلف شده است.

استفاده از ارقام زودرس

نتایج نشان داد که کاهش 20 درصدی روز بیولوژیک مورد نیاز از سبز شدن تا گلدهی برای شبیه‌سازی رقم زودرس‌تر در شرایط اقلیم آینده به طور متوسط با 18/1 درصد افزایش منجر به عملکرد 1212 کیلوگرم در هکتار شد که نسبت به شرایط فعلی این افزایش 63/9 درصد است (جدول 2). دامنه عملکرد از 1002 تا 1565 کیلوگرم در هکتار در تغییرات دارد (جدول 2) که به ترتیب مربوط به آبر و خدابنده می‌شوند. حداقل افزایش عملکرد نسبت به شرایط فعلی و شرایط تغییر اقلیم در خدابنده به ترتیب با 36 و 6/2 درصد و حداکثر آن در گرماب به ترتیب با 109/2 و 28/1 درصد پیش‌بینی می‌شود.

علی‌رغم این‌که به نظر می‌رسد در شرایط تغییر اقلیم که افزایش دما باعث تسریع رشد و کوتاه شدن مراحل نموی گیاهان می‌شود، به گیاهانی با طول دوره رشد بیشتر (ارقام دیررس) نیاز می‌باشد (Van Ittersum et al., 2003; Torriani et al., 2007)، اما به علت وجود تنش خشکی آخر فصل در مناطق کشت نخود دیم، ارقام با طول دوره رشد رویشی کوتاه‌تر باز هم عملکرد بالاتری خواهند داشت (Soltani & Sinclair, 2012b). این امر مؤید این نکته است که ارقام رایج فعلی نخود نسبت به شرایط فعلی دیررس‌تر هستند. می‌توان نتیجه گرفت که اصلاح ارقام در جهت زودرسی با کاهش دوره رشد رویشی می‌تواند باعث مصرف کمتر آب در طول دوره رویشی و ذخیره آن جهت استفاده در مراحل زایشی و پر شدن دانه شود. سلطانی و سینکلر (Soltani & Sinclair, 2012b) نیز بیان کردند که زودرسی از طریق کاهش روز بیولوژیک از سبز شدن تا گلدهی باعث افزایش عملکرد دانه در شرایط حال و آینده می‌شود.

افزایش عملکرد همراه با افزایش 14/8 درصدی میزان پایداری عملکرد نسبت به شرایط فعلی و 18/7 درصدی نسبت به شرایط تغییر اقلیم هم خواهد بود (جدول 3). دلیل افزایش پایداری عملکرد نیز کاهش احتمال برخورد با دماهای بالا و همچنین وجود رطوبت بیشتر در خاک در طی دوره پر شدن دانه می‌باشد. سینگ و همکاران (Singh et al., 2014) نیز با شبیه‌سازی ارقام جدید نخود به این نتیجه رسیدند که ارقام با طول دوره رشدی بیشتر به علت برخورد با دماهای بالای انتهای فصل و همچنین تقلیل رطوبت خاک در مرحله استقرار و پر شدن دانه‌های آن‌ها، دارای عملکرد پایین‌تری نسبت به ارقام استاندارد فعلی هستند.

برهمکنش تسریع در کاشت و زودرسی

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که برهمکنش 15 روز تسریع در کاشت و رقم زودرس‌تر در شرایط آینده باعث افزایش

میانگین عملکرد استان تا 1452 کیلوگرم در هکتار می‌شود که به طور متوسط معادل 94/5 درصد افزایش نسبت به شرایط فعلی و 41/2 درصد افزایش نسبت به شرایط تغییر اقلیم است (جدول 2). دامنه عملکرد از 1048 کیلوگرم در هکتار در گرماب تا 1870 کیلوگرم در هکتار در خدابنده تغییرات داشت (جدول 2). حداقل افزایش عملکرد نسبت به شرایط فعلی و شرایط تغییر اقلیم در خدابنده به ترتیب با 62/4 و 26/8 درصد و حداکثر آن در گرماب با 113/9 درصد افزایش نسبت به شرایط فعلی و در آببر با 63/5 درصد افزایش نسبت به شرایط تغییر اقلیم پیش‌بینی شد. سلطانی و سینکلر (Soltani & Sinclair, 2012b) نیز با بررسی راهکارهای سازگاری نخود در دو شهر تبریز و گنبد بیان کردند که استفاده از رقم زودرس‌تر در تلفیق با کشت زود هنگام در شرایط آینده، به عملکردهای بالاتری نسبت به استفاده از ارقام و تاریخ کشت‌های معمول منجر خواهد شد.

نتایج شبیه‌سازی نشان داد که با استفاده از روش‌های سازگاری، پایداری عملکرد به طور متوسط 24/8 درصد نسبت به شرایط فعلی و 28/4 درصد نسبت به شرایط تغییر اقلیم افزایش خواهد یافت (جدول 3). در این شرایط با توجه به کاهش ریسک مخاطرات محیطی (کاهش احتمال برخورد گیاه با دماهای بالا در طی دوره پر شدن دانه، کاهش احتمال وقوع تنش خشکی انتهای فصل و ...) در طی سال‌های مختلف، پایداری عملکرد افزایش یافته است.

تنش خشکی به مراتب مهمترین تنش محیطی در کشاورزی است و تلاش‌های بسیاری در جهت بهبود تولید گیاهان زراعی با وجود محدودیت فراهمی آب صورت گرفته است (Cattivelli et al., 2008). بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی نخود، خشکی انتهای فصل مهمترین عامل محدودکننده عملکرد در اکثر مناطق تولید نخود در کشور می‌باشد (Soltani et al., 2005; Sabaghpour et al., 2006; Soltani et al., 2006; Hajarpoor et al., 2014a; Soltani & Sinclair, 2012b). بنابراین با تسریع در کاشت و استفاده از ارقام زودرس می‌توان دوره رشدی گیاه را به بخش مرطوب‌تر سال انتقال داد. همچنین این عمل باعث تقسیم بهتر آب موجود بین فازهای رشد رویشی و زایشی خواهد شد که نتیجه آن افزایش عملکرد است.

نتیجه‌گیری

در شرایط اقلیمی آینده، میانگین عملکرد استان به طور متوسط با 38/4 درصد افزایش به 1036 کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. با استفاده از راهکارهای سازگاری می‌توان منفعت بیشتری از این شرایط تغییر یافته اقلیمی کسب کرد به طوری‌که میانگین عملکرد نخود در شرایط اقلیمی آینده در شرایطی که کاشت 15 روز زودتر انجام شود، به طور متوسط نسبت به تاریخ کاشت معمول در شرایط حاضر 68/7 درصد افزایش خواهد یافت و عملکرد به 1268 کیلوگرم در هکتار خواهد رسید. همچنین کاهش 20 درصدی روز بیولوژیک مورد نیاز از سبز شدن تا گلدهی به طور متوسط منجر به عملکرد 1212 کیلوگرم در هکتار شد که نسبت به شرایط فعلی این افزایش 63/9 درصد است. با تلفیق دو روش تسریع در کاشت و رقم زودرس در آینده نسبت به استفاده از ارقام و تاریخ کشت‌های فعلی میانگین عملکرد استان به 1452کیلوگرم در هکتار افزایش خواهد یافت که به طور متوسط معادل 94/5 درصد افزایش نسبت به شرایط فعلی است. کاهش طول دوره رشدی گیاه و عدم برخورد با دماهای فوق مطلوب در هنگام پر شدن دانه، توزیع آب بین فاز رویشی و زایشی در اثر کم شدن دوره رشد رویشی و فرار از تنش خشکی آخر فصل به علت منطبق شدن دوره رشدی گیاه با فصل رشد از جمله دلایل افزایش عملکرد نخود در شرایط به کارگیری راهکارهای سازگاری می‌باشند. همچنین در این شرایط و با توجه به دلایل ذکر شده، پایداری عملکرد تا 28/4 درصد افزایش خواهد یافت که علت آن همان کاهش ریسک مخاطرات محیطی در طی سال‌های مختلف می‌باشد. بنابراین در آینده برنامه‌های اصلاحی و مدیریتی باید در جهت تاریخ‌های کاشت زودتر و استفاده از ارقام با طول دوره رشدی کوتاه‌تر به ویژه در فاز رشد رویشی باشند. در این مطالعه سایر روش‌های مدیریتی مانند حفظ بقایا در سطح خاک و شخم حفاظتی و ... در جهت افزایش و یا حفظ آب خاک مد نظر قرار نگرفته‌اند. بنابراین توصیه می‌شود در مطالعات آینده برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گیاهان زراعی، تأثیر این گونه فاکتورها نیز مورد ارزیابی قرار گیرد.

منابع

Agricultural Statistic. Volume 1: Crops. 2010. Jihad Ministry of Agriculture. Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technology. (In Persian)

Asseng, S., Jamieson, P.D., Kimball, B., Pinter, P., Sayre, K., Bowden, J.W., and Howden, S.M. 2004. Simulated

wheat growth affected by rising temperature, increased water deficit and elevated atmospheric CO_2. Field Crops Research 85: 85-102.

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 genomics. Field Crops Research 105: 1-14.

Clarke, H.J., and Siddique, K.H.M. 2004. Response of chickpea genotypes to low temperature stress during reproductive development. Field Crops Research 90: 323-334.

CSSA, 2011. Position Statement on Crop Adaptation to Climate Change. Crop Science Society of America, Madison, WI.

Fuhrer, J. 2003. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO_2, ozone, and global climate change. Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 1-20.

Gholipoor, M., and Soltani, A. 2009. Future climate impacts on chickpea in Iran and ICARDA. Research Journal of Environmental Sciences 3: 16-28.

Hajarpoor, A., Soltani, A., Zeinali, E., and Sayyedi, F. 2014. Potential benefits from adaptation to climate change in chickpea. Agriculture Science Developments 3: 230-236.

Hajarpoor, A., Soltani, A., Zeinali, E., and Sayyedi, F. 2014. Simulating climate change impacts on production of chickpea under water-limited conditions. Agriculture Science Developments 3: 209-217.

Hajarpoor, A., Soltani, A., Zeinali, E., and Sayyedi, F. 2013. Simulating the impact of climate change on production of chickpea in rainfed and irrigated condition of Kermanshah. Journal of Plant Production 20(2): 235-252. (In Persian with English Summary)

Ludwig, F., and Asseng, S. 2006. Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. Agricultural Systems 90: 159-179.

Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M., and Wang, E. 2009. Adaptation to climate change of wheat growing in south Australia: Analysis of management and breeding strategies. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 261-267.

Mall, R.K., Lal, M., Bhatia, V.S., Rathore, L.S., and Singh, R. 2004. Mitigating climate change impact on soybean productivity in India: a simulation study. Agricultural and Forest Meteorology 121: 113-125.

Meghdadi, N. 2012. Simulating the effect of climate change on chickpea in Zanjan province. MSc thesis. University Agriculture and Natural Resources of Gorgan. (In Persian with English Summary)

Meghdadi, N., Soltani, A., Kamkar, B., and Hajarpoor, A. 2014. Simulating the impact of climate change on production of chickpea in Zanjan province. Electronic Journal of Crop Production. In Press. (In Persian with English Summary)

Sabaghpour, S.H., Mahmodi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malhotra, R. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Science 1: 70-73.

Seneviratne, S., Nicholls, N., Easterling, D., Goodess, C., Kanae, S., Kossin, J., Luo, Y., Marengo, J., McInnes, K., and Rahimi, M. 2012. Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment: An overview of the IPCC SREX report. EGU General Assembly Conference Abstracts p. 12566.

Soltani, A. 2006. Application of SAS in statistical analysis. JDM Press. Mashhad. Iran 182 pp. (In Persian)

Soltani, A., and Faraji, A. 2006. Determine phenology and growth rate of chickpea under rainfed conditions favorable for the dome of Gorgan. Journal of Food Science and Technology 20(7): 49-57.

Soltani, A., Gholipoor, M., and Ghassemi-Golezani, K. 2007. Analysis of temperature and atmospheric CO_2 effects on radiation use efficiency in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Plant Sciences 2: 89-95.

Soltani, A., Hammer, G.L., Torabi, B., Robertson, M.J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: Phenological development. Field Crops Research 99: 1-13.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. Field Crops Research 124: 252-260.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012a. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012b. Optimizing chickpea phenology to available water under current and future climates. European Journal of Agronomy 38: 22-31.

Soltani, A., Torabi, B., and Zarei, H. 2005. Modeling crop yield using a modified harvest index-based approach: application in chickpea. Field Crops Research 91: 273-285.

Torriani, D.S., Calanca, P., Schmid, S., Beniston, M., and Fuhrer, J. 2007. Potential effects of changes in mean

climate and climate variability on the yield of winter and spring crops in Switzerland. Climate Research 34: 59-69.

Vadez, V., Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2013. Crop simulation analysis of phenological adaptation of chickpea to different latitudes of India. Field Crops Research 146: 1-9.

Van Ittersum, M.K., Howden, S.M., and Asseng, S. 2003. Sensitivity of productivity and deep drainage of wheat cropping systems in a Mediterranean environment to changes in CO_2, temperature and precipitation. Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 255-273.

White, J.W., Hoogenboom, G., Kimball, B.A., and Wall, G.W. 2011. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. Field Crops Research 124: 357-368.

Zarakani, F. Kamali, G.A., Chizari, A. 2014. The effect of climate change on the economy of rain fed wheat (a case study in Northern Khorasan). Journal of Agroecology 6(2): 301-310

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 169-181

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 181-169

Assessment of the Adaptation Strategiesin Rainfed Chickpea in Response to Future Climate Change in Zanjan Province

A. Hajjarpoor[1*], N. Meghdadi[2], A. Soltani[3] and B. Kamkar[4]

Submitted: 24-05-2014
Accepted: 17-09-2014

Hajjarpoor, A., Meghdadi, N., Soltani, A., and Kamkar, B. 2016. Assessment of the Adaptation Strategiesin Rainfed Chickpea in Response to Future Climate Change in Zanjan Province. Journal of Agroecology 8(2): 169-181.

Introduction

Chickpea (*Cicer arietinum* L.) is cultivated on alarge scale in arid and semiarid environments. Terminal drought and heat stress, among other abiotic and biotic stresses, are the major constraints of yield in most regions of chickpea production. The study of the effects of climate change could help to develop adaptation strategies to promote and stabilize crop yield. This research was aimed to assess adoption strategies in rainfed chickpea in response to Zanjan province's climate change using a crop simulation model along with providing simulated yield maps using geographical information system (GIS).

Materials and methods

To study the effects of climate change and simulation the adaptation strategies, the model of Soltani and Sinclair (Soltani & Sinclair, 2011) was used. This model simulates phenological development, leaf development and senescence, mass partitioning, plant nitrogen balance, yield formation and soil water balance. For each location, a baseline period of daily weather data was available (Table 1). Investigated scenarios were historical climate (control) and future climate scenarios that included both direct effects of doubling CO_2 (350 to 700 ppm) and its indirect effects (10% reduced rainfall, 4ºC increase in temperature). The crop model was performed for the different years of baseline period for current and future climate under typical management and cultivar and also under three adaptation strategies in the future climate including Management adaptation (M), Genetic adaptation (G) and a combination of both Management and Genetic adaptation (M & G) as described below (Table 2):

Management – In various studies changing the planting dates as the simplest and least-cost adaptation strategy has been emphasized (Luo et al., 2009); hence a shift in planting dates i.e. sowing 15 days in advance was explored in this study to reduce the risk of the late season drought.

Genetics – Changes in genotype have been suggested to be the most promising adaptation option in the world. Earlier maturity cultivars may be needed to match future drier conditions. Thus alternative genotype was a cultivar with 20% lesser of the required biological day from emergence to flowering.

M & G – The third adaptation practice was an attempt to combine both earliness and early sowing date (15 days).

A randomized complete-block design was used for data analysis in which climate condition with considered treatment and years was considered as blocks. When it was necessary, mean comparison was done using a Least Significant Difference (LSD) procedure at 5% level.

Results and discussion

The results showed that in future climatic change, mean yield for Zanjan province will reach to 1036 $kg.ha^{-1}$ with 38.4% increasing which was statistically different compared to current situation (760 $kg.ha^{-1}$). The possibilities for gathering more benefits of grain yield were tested by changing traditional management and genetics of the locations in the future climate which involved three management options as adaptation strategies (Earlier Sowing, Earlier maturity Cultivars and combination of these two options). Applying earlier sowing date in comparison with conventional sowing date, increased mean yield by 67.7% (1268 $kg.ha^{-1}$). In addition, applied earlier maturity cultivar led to 1212 $kg.ha^{-1}$ (63.9% increase in comparison with current cultivar). Results

1, 2, 3 and 4- PhD Student of Ecology, MSc Graduate of Agroecology, Professor and Associate Professor, Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ahajarpoor@gau.ac.ir)

revealed that using earlier maturity cultivars in combination with earlier sowing date will increase mean yield up to 1452 kg.ha^{-1} (94.5% increase),whichwasthe consequence of a shift in growing season to a wetter part of the year and reduced the risk of late season drought stress. Furthermore, breeding for earliness by reducing the vegetative period would save more water to be used for grain filling. Under these circumstances, according to decreased environmental risks, yield sustainability will increase up to 28.4%.

Conclusion

The Results of this study can also be extended to water-limited regions of chickpea producing with similar climatic and edaphic conditions. New varieties should be released with shorter growth periods than current ones and their sowing dates must be advanced if possible. Other management practices such as conservation tillage or keeping residue on the soil surface in order to save and increase soil water content were not included in this study which is suggested to evaluate the effects of these factors on the yield of crops in the future climate change studies.

Keywords: Chickpea model, Doubling CO_2 concentration, Reducing rainfall, Yield stability

References

Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M., and Wang, E. 2009. Adaptation to climate change of wheat growing in South Australia: Analysis of management and breeding strategies. Agriculture, Ecosystems and Environment 129: 261-267.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2011. A simple model for chickpea development, growth and yield. Field Crops Research 124: 252-260.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 182-196

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 196-182

بررسی اثرات تداخلی تراکم‌های مختلف تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) بر شاخص‌های رشد کرچک (*Ricinus communis* L.)

ناصر جعفرزاده[1*]، علیرضا پیرزاد[2] و هاشم هادی[3]

تاریخ دریافت: 1393/02/16
تاریخ پذیرش: 1393/06/29

جعفرزاده، ن.، پیرزاد، ع.ر.، و هادی، ه. 1395. بررسی اثرات تداخلی تراکم‌های مختلف تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) بر شاخص‌های رشد کرچک (*Ricinus communis* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 196-182.

چکیده

به منظور بررسی اثر تداخل تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflxus* L.) بر شاخص‌های رشد کرچک (*Ricinus communis* L.) و اندازه‌گیری عکس‌العمل تاج‌خروس از نظر تجمع وزن خشک و سطح برگ در رقابت با کرچک آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شهرستان ارومیه در سال 91-1390 با سه تکرار اجرا شد. آزمایش شامل دو فاکتور تراکم کاشت کرچک در پنج سطح (صفر، سه، چهار، پنج و شش بوته در مترمربع) و تراکم تاج‌خروس در چهار سطح (صفر، پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع) بود. نتایج تجزیه رشد نشان داد که حداکثر تولید ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی در هر چهار تراکم کرچک مربوط به کشت خالص بود که با افزایش تراکم تاج‌خروس از مقدار آن‌ها کاسته شد. حداکثر و حداقل شاخص سطح برگ کرچک در 1046 درجه روز رشد به ترتیب در تراکم شش بوته کشت خالص کرچک و تراکم سه بوته کرچک و 15 بوته تاج‌خروس برابر 4/06 و 0/90 به دست آمد. بیشترین و کمترین مقادیر سرعت رشد محصول در همان درجه روز رشد به ترتیب در تراکم پنج بوته کشت خالص کرچک و تراکم سه بوته و 15 بوته در مترمربع تاج‌خروس برابر با 0/317 و 0/114 گرم در مترمربع در درجه روز رشد مشاهده شد. نتایج اندازه‌گیری صفات تاج‌خروس حاکی از کاهش شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد و سرعت رشد نسبی تاج‌خروس در حضور کرچک بود و با افزایش تراکم کرچک کاهش بیشتری در این صفات ایجاد شد. به طوری‌که در بالاترین تراکم تاج‌خروس (15 بوته در مترمربع) افزایش تراکم کرچک به ترتیب 44، 40 و 134 درصد افت بیشتر در سطح برگ، ماده خشک و سرعت رشد تاج‌خروس ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ

مقدمه

گیاه دارویی و روغنی کرچک (*Ricinus communis* L.) از تیره فرفیون[4] و بومی افریقای شمالی است به دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد خود به عنوان یکی از گیاهان مقاوم به شرایط آب و هوایی مختلف شناخته شده است (Oguniyi, 2006). کاربردهای متعدد روغن کرچک به دلیل خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاص آن در صنایع دارویی، شیمیایی، بهداشتی، آرایشی، بیودیزل و اخیراً در صنایع غذایی باعث شده است تا پژوهش‌های زیادی روی آن انجام بگیرد (Naseri, 1996; FAO, 2005).

کرچک گیاهی یک‌ساله با مسیر فتوسنتزی C_3 از گیاهان زراعی است که رقابت‌کننده قوی با علف‌های هرز نیست و علت آن را در طولانی بودن ظهور گیاهچه (21-10 روز پس از کاشت) و رشد کند گیاهچه در اوایل دوره رشد می‌دانند (Opinger et al., 1990). شینگو و همکاران (Shinggu et al., 2011) نیز طی تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که در چهار هفته اول بعد از ظهور گیاهچه‌های کرچک علف‌های هرز سبب حداقل 15-10 درصد کاهش عملکرد می

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی سابق دکترای زراعت، دانشیار و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: jafarzadeh.naser@gmail.com)

4- Euphorbiaceae

گردند. نتایج یک بررسی در آزمایش علفکش در کرچک نشان می‌دهد که تحمل کرچک به علفکش‌های باریک‌برگ کش بالا است، ولی علفکش‌های پهن‌برگ کش موجب خسارت به کرچک و کاهش عملکرد می‌گردند و توصیه به عدم استفاده از آن‌ها شده است (Grichar et al., 2012). والدینی و همکاران (Valdinei et al., 2012) مدیریت علف‌های هرز برای زراعت کرچک در اراضی کشاورزی را یک ضرورت می‌دانند.

تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) علف‌هرز یک‌ساله پهن‌برگ رشد نامحدودی است که در بسیاری از نواحی کشاورزی دنیا شایع است. این علف‌هرز چهار کربنه در شرایط گرم، رطوبت پایین و شدت نور زیاد از توان رقابتی بالایی برخوردار است (Knezevic, 2001). کلینگ من و اولیور (Klingman & Oliver, 1994) در مطالعات خود دریافتند که علف‌هرز تاج‌خروس حتی در تراکم‌های پایین نیز قدرت رقابت بیشتری نسبت به تراکم پنج بوته در هر متر از ردیف کاشت ذرت دارد. سرعت رشد نسبی[1] (RGR) و سرعت رشد محصول[2] (CGR) که معیاری کمی از تمام خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه هستند می‌تواند به عنوان مبنایی برای مقایسه قدرت رقابت گونه‌ها قرار گیرد (Radosevich, 1987). شاخص سطح برگ و وزن خشک گیاه از مهم‌ترین عواملی هستند که در تعیین شاخص‌های رشدی گیاه مؤثر می‌باشند. رشد و شاخص‌های آن تحت تأثیر عوامل مختلفی نظیر گونه گیاهی، عملیات داشت، شرایط محیطی و از همه مهم‌تر شرایط رقابتی قرار می‌گیرند (Russel, 1984). بررسی‌ها نشان می‌دهند که خصوصیات فتوسنتزی گیاهان نیز می‌توانند به عنوان اساس فیزیولوژیکی رقابت در توان رقابتی گونه‌ها مؤثر باشد.

گیاهانی که دارای مسیر فتوسنتزی C_4 هستند معمولاً سرعت فتوسنتزی خالص بالاتری از گیاهان C_3 دارند (Radosevich, 1987). با تغییر تراکم، منابع موجود بین‌گونه‌های رقیب تقسیم شده و منجر به بروز واکنش‌های مختلف در رشد می‌گردد (Harper, 1977). در مخلوطی از گیاه زراعی و علف‌هرز، رقابت بر سر تشعشع ورودی، عناصر غذایی خاک و آب به وقوع می‌پیوندد. تغییر متغیرهای سیستم زراعی به نفع رشد گیاه زراعی و به ضرر علف‌هرز از جمله اهداف مدیریت تلفیقی علف‌های هرز محسوب می‌شود (Tollenaar et al., 1994). هاگود و همکاران (Hagood et al., 1981) گزارش کردند که با افزایش رقابت علف‌های هرز با سویا (*Glycine max* L.) شاخص سطح برگ نسبت به شاهد عاری از علف‌هرز کاهش قابل ملاحظه‌ای می‌یابد. موزیر و اولیور (Mosier & Oliver, 1995) نیز کاهش سطح برگ سویا را در اثر رقابت تمام فصل علف‌های هرز به میزان 32 درصد گزارش نمودند. در مطالعه‌ای ماسینکا و همکاران (Massinga et al., 2003) عنوان کردند که با افزایش تراکم تاج‌خروس از 0/5 به هشت بوته در متر ردیف شاخص سطح برگ[3] (LAI) ذرت (*Zea mays* L.) تاج‌خروس به ترتیب کاهش و افزایش یافت. نتایج یک تحقیق نشان داد که تشدید رقابت بین‌گونه‌ای در اثر رویش هم‌زمان تاج‌خروس و ذرت به طور معنی‌داری باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ ذرت و افزایش سطح برگ تاج‌خروس شد (Rahimi & Alikhani, 2010). یدوی و همکاران (Yadavi et al., 2006) طی تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و عملکرد ذرت در حضور علف‌هرز تاج‌خروس کاهش پیدا کرد در حالی‌که افزایش تراکم ذرت ضمن افزایش کلیه صفات مذکور اثرات رقابتی علف‌هرز تاج‌خروس را کاهش داد.

بنابراین، با توجه به خسارت علف‌های هرز در مزارع کرچک (Grichar et al., 2012; Shinggu et al., 2011) و کمبود تحقیقات در زمینه شاخص‌های رشد کرچک، هدف از این مطالعه تعیین اثرات تداخلی علف‌هرز تاج‌خروس با کرچک با استفاده از شاخص‌های رشدی و بررسی امکان استفاده از تراکم کاشت برای کاهش اثرات تداخلی این علف‌هرز بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی (ایستگاه تحقیقات کشاورزی ساعتلو با مختصات 45 درجه و 10 دقیقه طول شرقی و 37 درجه و 44 دقیقه شمالی و ارتفاع 1338 متر از سطح دریا) در سال 91-1390 انجام شد. قبل از کشت و پیش از شروع آزمایش نمونه‌برداری از نقاط مختلف خاک محل اجرای طرح تا عمق 40 سانتی‌متری انجام شد تا پیش‌بینی‌های لازم جهت تغذیه مناسب صورت گیرد. نوع خاک مزرعه آزمایشی لومی-رسی با 0/21 درصد نیتروژن، 12 قسمت در میلیون فسفر قابل جذب و 425 قسمت

1- Relative growth rate (RGR)
2- Crop growth rate (CGR)
3- Leaf area index (LAI)

در میلیون پتاسیم قابل جذب بود. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو عامل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده گردید. عامل اول شامل تراکم‌های سه، چهار، پنج و شش بوته در مترمربع کرچک و عامل دوم تراکم‌های صفر، پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع تاج‌خروس بود. در این تحقیق از کرچک رقم مبارکه اصفهان استفاده شد. کشت بذور کرچک به همراه بذور تاج‌خروس ریشه قرمز به طور هم‌زمان به صورت هیرم‌کاری و با دست انجام گرفت. بذور علف‌های هرز تاج‌خروس سال قبل از مزارع اطراف جمع‌آوری و تا زمان کشت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شده بودند. قبل از کاشت در یک تست جوانه‌زنی ارزیابی شدند. برای این منظور پس از پوشاندن بذور کرچک در کرت‌های مورد نظر، توسط فوکا در روی پشته به فاصله 10 سانتی‌متری از دو طرف محل کاشت کرچک شیاری ایجاد شد و سپس بذور تاج‌خروس در شیارهای ایجاد شده کاشته و روی آن را با خاک نرم پوشش داده شد. پس از سبز شدن کرچک و تاج‌خروس با انجام عملیات تنک تراکم مورد نظر کرچک و تاج‌خروس در هر تیمار حاصل شد و سایر علف‌های هرز نیز با دست وجین شدند. برای سبز شدن بهتر بذرها بلافاصله بعد از کاشت اولین آبیاری به روش جوی و پشته صورت گرفت. آبیاری‌های بعدی با توجه به وضعیت خاک و نیاز گیاه انجام گرفت. هر کرت دارای شش ردیف کاشت با فاصله 60 سانتی‌متر از یکدیگر و به طول پنج متر بود. علف‌های هرز در طول فصل رشد به دفعات به روش دستی از کرت‌ها حذف گردیدند. به منظور بررسی روند رشد و تعیین شاخص‌های رشدی کرچک و تاج‌خروس از هر کرت مزرعه سه بوته رقابت‌کننده به تصادف انتخاب شدند. نمونه‌برداری‌ها در هفت مرحله (30، 45، 60، 75، 90، 115 و 120 روز پس از کاشت) و 30 روز پس از سبز شدن کرچک و 15 روز پس از سبز شدن تاج‌خروس انجام و هر 15 روز یک‌بار تا مرحله رسیدگی بعد از حذف اثرات حاشیه انجام گرفت. پس از اندازه‌گیری سطح برگ نمونه‌ها با دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Delta-T)، برگ‌ها، ساقه و خوشه‌های هر تیمار در پاکت‌های جداگانه و به مدت 48 ساعت در آون با 75 درجه سانتی‌گراد خشک و وزن خشک قسمت‌های مربوطه برای محاسبه شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شد. جهت کاهش وابستگی واریانس با میانگین از لگاریتم نپرین (Ln) هر کدام از صفات استفاده به عمل آمد (Hunt, 1982). سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شدند (Karimi & Azizi, 1988).

سرعت رشد محصول (CGR) سرعت تولید ماده خشک (w) در واحد سطح (s) در واحد زمان (t) و سرعت رشد نسبی (RGR) رشد بر حسب سرعت افزایش ماده خشک (w) در واحد زمان (t) بیان می‌شود (d_w/d_t تغییرات وزن ماده خشک گیاهی نسبت به تغییرات زمان). در این روابط به جای روز از درجه روز رشد (GDD)[1] استفاده شد.

$$CGR= (1/S)\times(d_w / d_t) \quad (1)$$

$$RGR= (1/w)\times(d_w / d_t) \quad (2)$$

برای تجزیه داده‌های آماری و ترسیم شکل‌ها نیز از نرم‌افزارهای SAS 9.1 و Excel استفاده شد. کلیه شاخص‌های فیزیولوژیک رشد بر اساس شاخص‌های حرارتی درجه روز رشد بیان شد. درجه روزهای رشد برای هر روز از کاشت تا تاریخ هر نوبت نمونه‌برداری به کمک معادله (3) محاسبه گردید (Talatala & Ranches, 1990).

$$GDD= [(T_{max}+ T_{min})/2] - T_b \quad (3)$$

در این معادله، T_{max}: حداکثر دمای روزانه با یک حد بالای 30 درجه سانتی‌گراد، T_{min}: حداقل دمای روزانه با یک حد پایین 10 درجه سانتی‌گراد و T_b: درجه حرارت پایه (دمایی که پایین‌تر از آن رشد صورت نمی‌گیرد) که برای کرچک و تاج‌خروس به ترتیب 12 و 12/2 درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (Taherifard & Gerami, 2011; Roberta et al., 2010). در نهایت نمودارهای تغییرات ماده خشک، شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی بر حسب درجه روز رشد در کرچک و تاج‌خروس ترسیم گردید.

نتایج و بحث

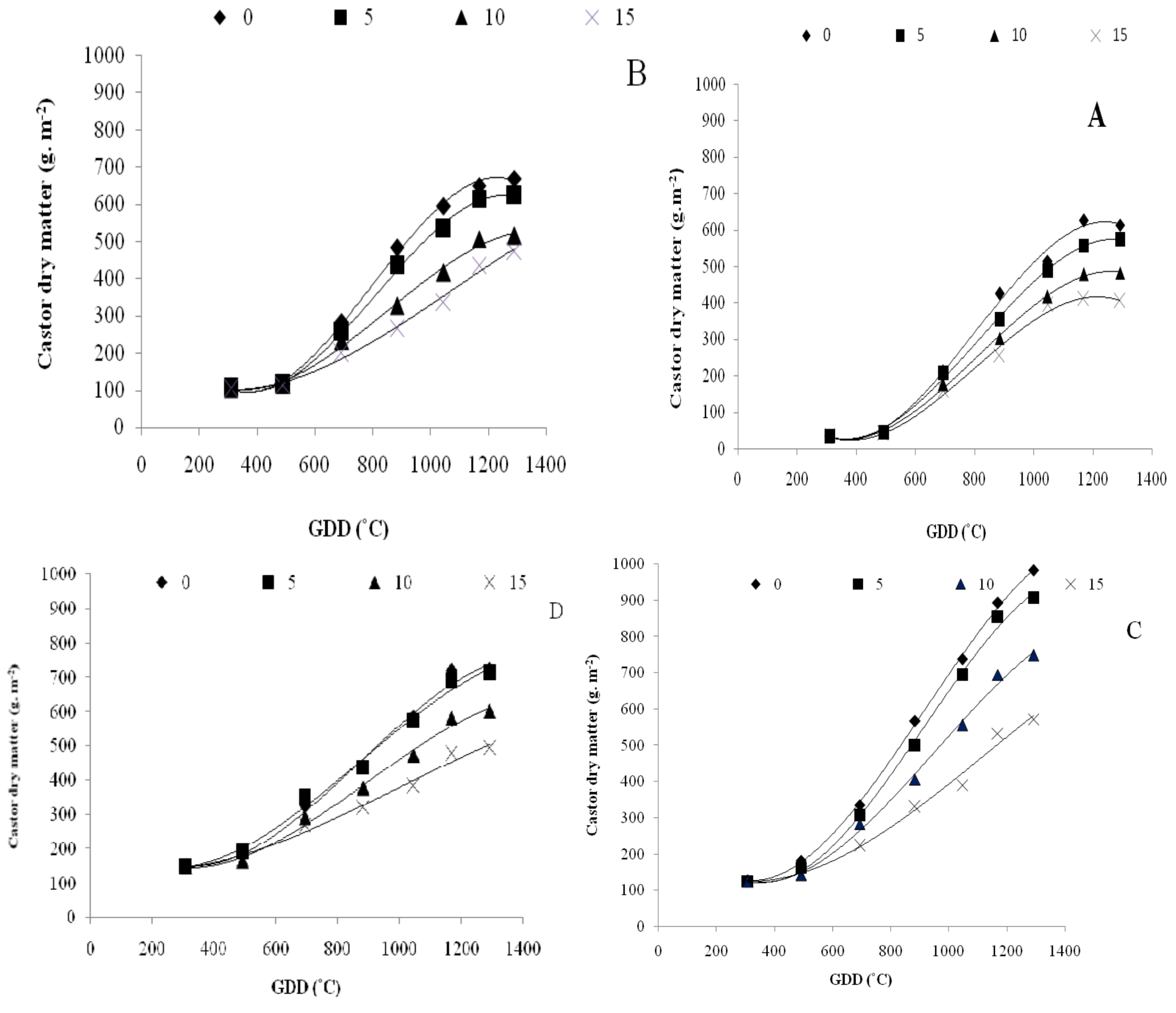
1- ویژگی‌های کرچک

1-1- وزن خشک محصول

نتایج روند تجمع ماده خشک در طول فصل رشد نشان می‌دهند که در حالت کلی روند تجمع وزن خشک در کلیه تیمارها به صورت افزایشی است. میزان این تجمع در اوایل دوره رشد سرعت کمتری داشته ولی با گرم‌تر شدن هوا سرعت آن به تدریج افزایش یافته است. بیشترین و کمترین میزان تجمع ماده خشک در 1291 درجه روز رشد به ترتیب در تراکم پنج بوته کرچک (کشت خالص) و تراکم سه بوته کرچک و 15 بوته تاج‌خروس در مترمربع برابر با 982 و 405 گرم در

1- Growth degree days

مترمربع به دست آمد (شکل 1). صرف‌نظر از تراکم کرچک، حضور تاج‌خروس در تراکم‌های پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع به ترتیب باعث 16، 34 و 41 درصد کاهش وزن خشک کرچک شد (نتایج نشان داده نشده است). در تراکم سه بوته در مترمربع کرچک (شکل -1A) تا 500 درجه روز رشد تجمع ماده خشک در کلیه تراکم‌های مختلف تاج‌خروس روند مشابهی داشته اما بعد از آن تجمع ماده خشک در کشت خالص کرچک تا شروع رسیدگی از سرعت بیشتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود و تیمارهای (تراکم تاج‌خروس: تراکم کرچک) 3:5، 3:10 و 3:15 از این نظر به ترتیب در رده‌های بعدی قرار داشتند. نتایج حاصل در دیگر تراکم‌های کرچک با تراکم‌های مختلف تاج‌خروس نیز حاکی از این واقعیت بود که با افزایش تراکم تاج‌خروس از میزان تجمع ماده خشک کرچک در مراحل مختلف رشد و نمو کاسته شده است (شکل 1). ترائور و همکاران (Traore et al., 2003) نیز نشان دادند که کشت‌های خالص سورگوم (*Sorghum halepense* L. Pers.) در مقایسه با کشت‌های مخلوط (سورگوم و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.)) از تجمع ماده خشک بیشتری برخوردار هستند و با افزایش سرعت تجمع ماده خشک، اختلاف بین تیمارهای کشت خالص با کشت مخلوط افزایش می‌یابد.



شکل 1- روند تغییرات تجمع ماده خشک کرچک در تراکم‌های سه (A)، چهار (B)، پنج (C) و شش (D) بوته کرچک با تراکم‌های تاج‌خروس ریشه قرمز (صفر (♦)، پنج (■)، 10 (▲) و 15 (×) بوته در مترمربع) در کشت مخلوط

Fig. 1- The trend of variation in dry matter accumulation in 3(A), 4(B), 5(C) and 6(D) castor (plants.m^{-2}) densities with redroot pigweed densities (0(♦), 5(■), 10(▲) and 15(×) plants.m^{-2})

نتایج مشابهی نیز در رقابت سویا با علف‌هرز سورگوم گزارش شده که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد به طوری‌که جامعه گیاهی در تراکم‌های بالا وزن خشک بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین تولید می‌کند (Raei et al., 2007). نتایج یک بررسی دیگر نشان می‌دهد تراکم اثر معنی‌داری بر تجمع ماده خشک گل راعی (*Hypericum perforatum* L.) دارد و جامعه گیاهی در تراکم‌های بالا وزن خشک بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین تولید می‌کند (Lebaschy & Sharifi, 2004).

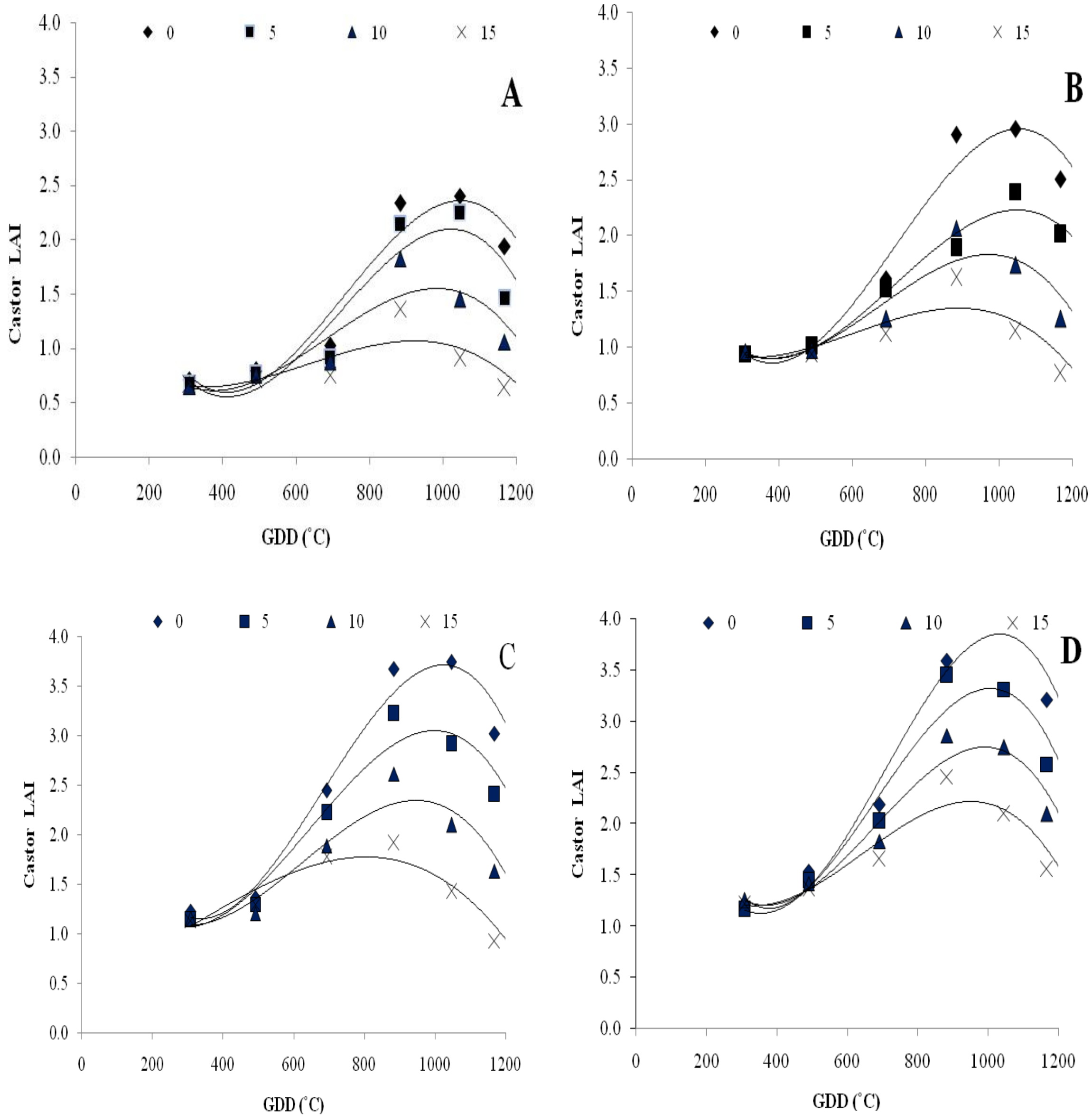
2-1- شاخص سطح برگ

یکی از اثرات تراکم، افزایش سطح برگ در واحد سطح زمین یا همان شاخص سطح برگ است. نتایج تجزیه واریانس بین تراکم‌های مختلف کرچک و تاج‌خروس از نظر متوسط شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری را در سطح پنج درصد نشان داد (نتایج نشان داده نشده است). تغییرات شاخص سطح برگ تراکم‌های کرچک در تمام تیمارها روند مشابهی داشت، یعنی با گذشت زمان مقدار آن افزایش یافت و نهایتاً نزدیک به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی به حداکثر خود رسید و بعد از آن به دلیل ریزش برگ‌ها کاهش یافت (شکل 2). بیشترین LAI در هر یک از سطوح تراکم کرچک به تیمار کشت خالص کرچک و عاری از علف‌هرز تاج‌خروس اختصاص داشت و حضور علف‌هرز تاج‌خروس کاهش LAI کرچک را به دنبال داشت به طوری‌که صرف‌نظر از تراکم کرچک در اثر رقابت علف‌هرز تاج‌خروس با تراکم پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع حداکثر شاخص سطح برگ کرچک به ترتیب 8/5، 21/6 و 25/8 درصد کاهش نسبت به تیمار بدون علف‌هرز پیدا کرد (نتایج نشان داده نشده است). بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ در 884 درجه روز رشد به ترتیب در تراکم شش بوته کشت خالص کرچک و تراکم سه بوته کرچک و 15 بوته در مترمربع تاج‌خروس برابر با 4/06 و 0/90 حاصل شد. در تراکم‌های شش و پنج بوته کرچک در مترمربع میزان شاخص سطح برگ زودتر از تراکم‌های چهار و سه به حداکثر رسید. به عبارت دیگر حداکثر شاخص سطح برگ کرچک در تراکم پایین اگرچه دیرتر به حد نهایی می‌رسد ولی مقدار آن بیشتر است. تیمارهای با تراکم بالای تاج‌خروس زودتر به شاخص سطح برگ حداکثر رسیدند و علت افزایش بیشتر LAI کرچک در اثر افزایش تراکم آن در حضور علف‌هرز تاج‌خروس را می‌توان به بهبود توانایی رقابت کرچک با تاج‌خروس و همچنین زودتر بسته شدن تاج پوشش در اثر تراکم کرچک نسبت داد.

با توجه به این نتایج می‌توان عنوان کرد که LAI شاخصی مهم برای برآورد میزان رقابت بوده و تراکم علف‌های هرز آن را به شدت تحت تأثیر قرار داده‌اند. کاهش شاخص سطح برگ در اثر رقابت با علف‌های هرز توسط محققین دیگر نیز گزارش گردیده است در همین راستا نتایج تحقیقی نشان داد رقابت سویا با علف‌های هرز ضمن کاهش سطح برگ، افت عملکرد و وزن خشک سویا را نیز سبب شده است (Dekker, 1997). در بررسی دیگر کوکس و همکاران (Cox et al., 2005) نیز کاهش شاخص سطح برگ را در اثر تداخل علف‌های هرز که موجب پیری زودرس و ریزش برگ‌ها به ویژه برگ‌های پایینی گیاه زراعی سبب شده گزارش کرده‌اند.

3-1- سرعت رشد محصول

بررسی روند تغییرات سرعت رشد محصول بر مبنای درجه روز رشد بعد از کاشت در این آزمایش نشان داد که در کلیه تیمارها سرعت رشد گیاه زراعی در طول فصل رشد افزایش داشته و مقارن حدود 1000-800 درجه روز رشد به حداکثر رسید. این شاخص در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس با یکدیگر تفاوت داشت، به طوری‌که حداکثر و حداقل سرعت رشد محصول در 1046 درجه روز رشد به ترتیب در تراکم پنج بوته کشت خالص کرچک و تراکم سه بوته کرچک و 15 بوته تاج‌خروس برابر با 0/317 و 0/114 گرم در مترمربع درجه روز رشد به دست آمد (شکل 3). حضور علف‌هرز تاج‌خروس موجب کاهش سرعت رشد کرچک گردید، به طوری‌که صرف‌نظر از تراکم کاشت حداکثر CGR کرچک در تراکم‌های پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع نسبت به کشت خالص به ترتیب 24/5، 36/8 و 42/7 درصد کاهش داشت. بالاتر بودن سرعت رشد محصول کرچک در تیمار کشت خالص بیشتر به علت بالا بودن شاخص سطح برگ و متعاقب آن بالا بودن وزن خشک تولیدی می‌باشد. میزان سرعت رشد محصول در تراکم پنج بوته در مترمربع کرچک و 15 بوته تاج‌خروس در اوایل رشد بیشتر ولی در انتهای رشد منفی گردید.

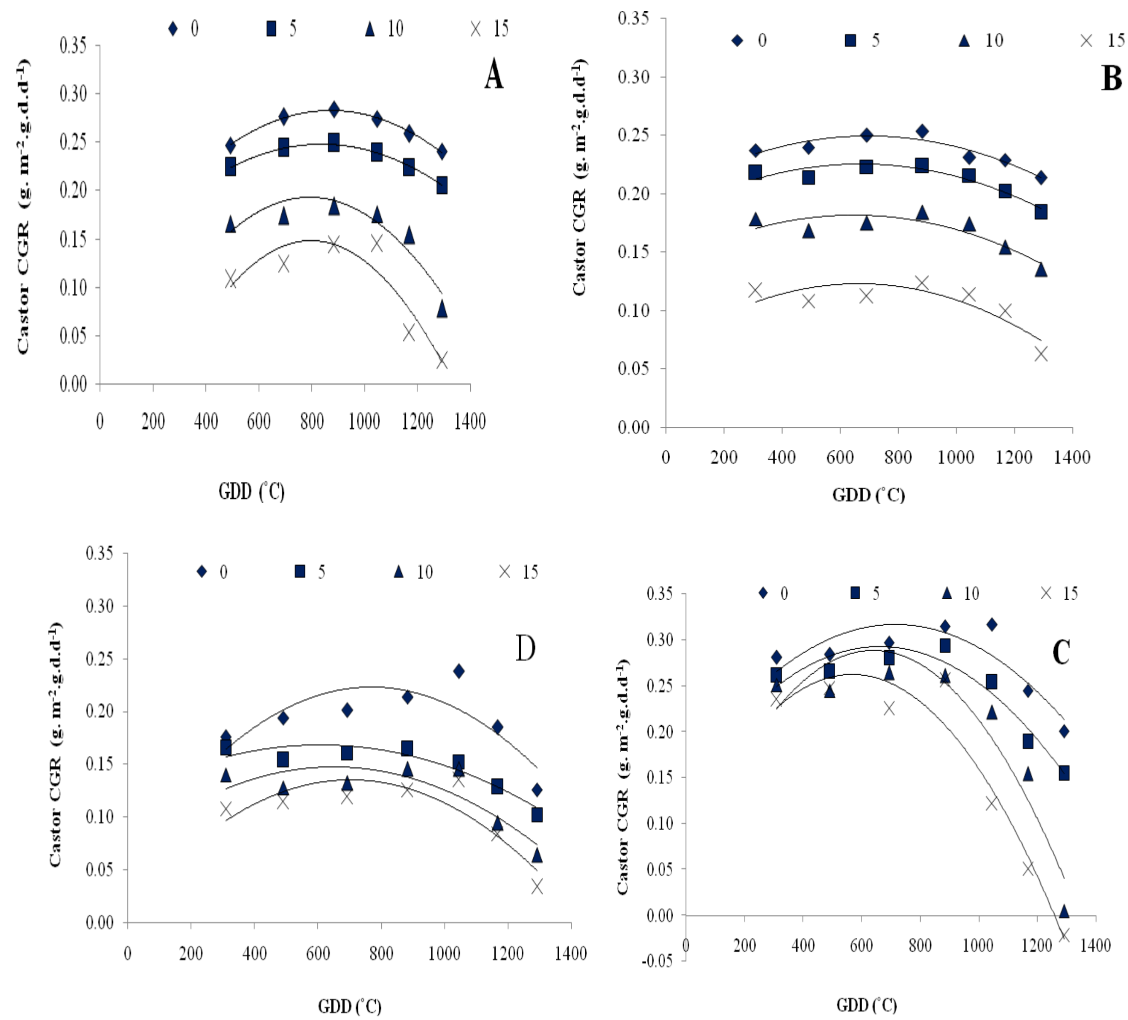


شکل 2- روند تغییرات شاخص سطح برگ کرچک در تراکم‌های سه (A)، چهار (B)، پنج (C) و شش (D) بوته کرچک با تراکم‌های تاج‌خروس ریشه قرمز (صفر (♦)، پنج (■)، 10 (▲) و 15 (×) بوته در مترمربع) در کشت مخلوط

Fig. 2- The trend of variation in leaf area index in 3(A), 4(B), 5(C) and 6(D) castor (plants.m^{-2}) densities with redroot pigweed densities (0(♦), 5(■), 10(▲) and 15(×) plants.m^{-2})

این امر مبین کاهش ماده خشک به واسطه کاهش نفوذ نور و ریزش برگ‌ها در اواخر رشد بوده است (شکل 3-C). تغییرات سرعت رشد محصول در تراکم‌های مختلف کرچک نشان می‌دهد با افزایش تراکم کرچک CGR افزایش می‌یابد و با افزایش تراکم تاج‌خروس میزان این شاخص شدیداً کاهش می‌یابد که احتمالاً ناشی از افزایش رقابت درون‌گونه‌ای و برون‌گونه‌ای می‌باشد (شکل 4-D). در همین راستا تحقیق جوادی و همکاران (Javadi et al., 2006) نشان داد با افزایش تراکم سورگوم دانه‌ای پارامترهای رشدی به جز سرعت جذب خالص (NAR)[1] و RGR افزایش یافت و بیشترین RGR و NAR از پایین‌ترین تراکم حاصل شد.

1- Net assimilation rate



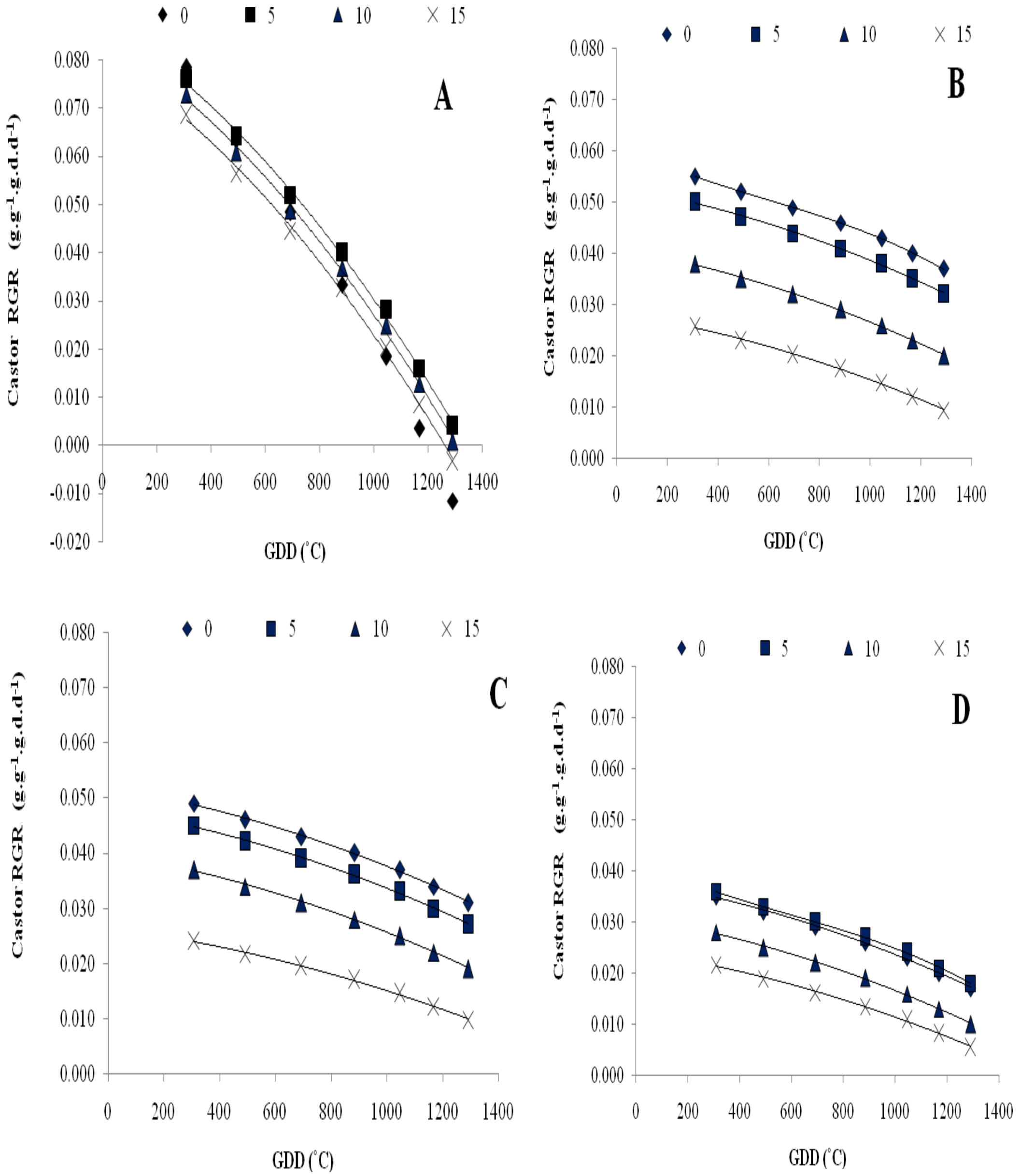
شکل 3- روند تغییرات سرعت رشد محصول (کرچک) در تراکم‌های سه (A)، چهار (B)، پنج (C) و شش (D) بوته کرچک با تراکم‌های تاج‌خروس ریشه قرمز (صفر (♦)، پنج (■)، 10 (▲) و 15 (×) بوته در مترمربع) در کشت مخلوط

Fig. 3- The trend of variation in crop growth rate 3(A), 4(B), 5(C) and 6(D) castor (plants.m^{-2}) densities with redroot pigweed densities (0(♦), 5(■), 10(▲) and 15(×) plants.m^{-2})

4-1- سرعت رشد نسبی

نرخ رشد یا سرعت رشد نسبی بیان‌کننده افزایش نسبی ماده خشک در طول زمان می‌باشد. نتایج مربوط به تغییرات نرخ رشد کرچک در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس نشان‌دهنده کاهش سرعت رشد نسبی کرچک در طول زمان می‌باشد (شکل 4). اگر چه روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تمامی تراکم‌های کرچک مشابه بود اما سرعت افزایش ماده خشک در واحد زمان در تیمارهای کشت خالص به طور معنی‌دار از دیگر تیمارها برتری نشان می‌دهند. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود با افزایش سن گیاه سرعت رشد نسبی کاهش نشان می‌دهد و علت آن افزایش سایه‌اندازی گیاه در میان برگ‌های داخل تاج پوشش و افزایش قسمت‌های ساختمانی و غیر مؤثر در فتوسنتز می‌باشد. بیشترین و کمترین میزان سرعت رشد نسبی در 309 درجه روز رشد به ترتیب در تراکم‌های سه بوته کشت خالص و تراکم شش بوته کرچک و 15 بوته تاج‌خروس برابر 0/078 و 0/022 گرم بر گرم درجه روز رشد مشاهده شد. تراکم‌های زیاد و متوسط دارای سرعت

رشد نسبی کمتری به تراکم کم بودند (شکل‌های 3-C, D). شیب منحنی نزولی سرعت رشد نسبی نسبت به درجه روزهای رشد سرعت زوال گیاه را نشان می‌دهد. سرعت رشد نسبی با تغییرات وضعیت گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل در کشت خالص سه بوته کرچک با گذشت زمان، سرعت رشد گیاه در اواخر دوره رشد به علت افزایش برگ‌های پیر منفی می‌گردد (شکل 3-A). در همین راستا تحقیقات چانیاقو و همکاران (Chaniago et al., 2006) نشان داد که تأثیر علف‌های هرزی مانند تاج‌خروس و اویارسلام (*Cyperus rotundus* L.) در کاهش رشد سویا از طریق کاهش رشد نسبی و سرعت جذب خالص مؤثر بوده است.



شکل 4- روند تغییرات سرعت رشد نسبی کرچک در تراکم‌های سه (A)، چهار (B)، پنج (C) و شش (D) بوته کرچک با تراکم‌های تاج‌خروس ریشه قرمز (صفر (♦)، پنج (■)، 10 (▲) و 15 (×) بوته در مترمربع) در کشت مخلوط

Fig. 4- The trend of variation in relative growth rate 3(A), 4(B), 5(C) and 6(D) castor (plants.m^{-2}) densities with redroot pigweed densities (0(♦), 5(■), 10(▲) and 15(×) plants.m^{-2})

2- ویژگی‌های علف‌هرز تاج‌خروس

2-1- وزن خشک تاج‌خروس

تجمع ماده خشک در حقیقت راندمان تولید گیاه در طول دوره رشد را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهند که در حالت کلی روند افزایش وزن خشک در کلیه تیمارها یکسان است؛ به طوری‌که تولید ماده خشک از زمان سبز کردن تا حدود 869 درجه روز رشد روند افزایش یافته است. نتایج حاصل در تراکم‌های مختلف تاج‌خروس با تراکم‌های مختلف کرچک حاکی از این واقعیت بود که با افزایش تراکم کرچک از میزان تجمع ماده خشک تاج‌خروس در تراکم‌های مختلف رشد و نمو کاسته شده است. حداکثر و حداقل تجمع ماده خشک در 869 درجه روز رشد به ترتیب در 15 بوته تاج‌خروس در کشت خالص و تراکم پنج بوته تاج‌خروس و شش بوته کرچک در مترمربع برابر با 300 و 70 گرم در مترمربع به دست آمد (شکل A, 5-C). در این آزمایش کاهش تولید ماده خشک تاج‌خروس در اثر افزایش تراکم کرچک از صفر به شش بوته در مترمربع در تراکم پنج، 10 و 15 بوته تاج‌خروس به ترتیب 36، 40 و 57 درصد بود. نتایج یک بررسی نشان می‌دهد ماده خشک تاج‌خروس در اثر کاهش تشعشع عبور کرده از تاج پوشش با افزایش تراکم ذرت از 7/1 به 9/5 بوته در مترمربع کاهش پیدا کرد (Mokarian et al., 2002).

2-2- شاخص سطح برگ تاج‌خروس

نتایج این آزمایش نشان‌دهنده روند مشابه تغییرات LAI تاج‌خروس در طول فصل رشد برای تمامی تیمارهای آزمایشی بود (شکل 5-D, E, F). به طوری‌که در ابتدای فصل با گذشت زمان LAI تاج‌خروس به کندی افزایش و در ادامه فصل، افزایش و سپس به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها LAI روند نزولی در پیش گرفت. بیشترین و کمترین میزان شاخص سطح برگ در 1028 درجه روز رشد به ترتیب در تراکم‌های 15 بوته تاج‌خروس در کشت خالص و تراکم پنج بوته تاج‌خروس و تراکم شش بوته کرچک برابر 1/37 و 0/32 مشاهده شد. رقابت کرچک در تراکم سه، چهار، پنج و شش بوته در مترمربع متوسط شاخص سطح برگ تاج‌خروس را به ترتیب 8/5، 19/4، 39/7 و 62 درصد نسبت به شاخص سطح برگ تاج‌خروس در کشت خالص کاهش داد. در مطالعه‌ای ماسینکا و همکاران (Massinga et al., 2003) عنوان کردند که با افزایش تراکم تاج‌خروس از 0/5 به هشت بوته در متر ردیف LAI ذرت کاهش و LAI تاج‌خروس افزایش یافت.

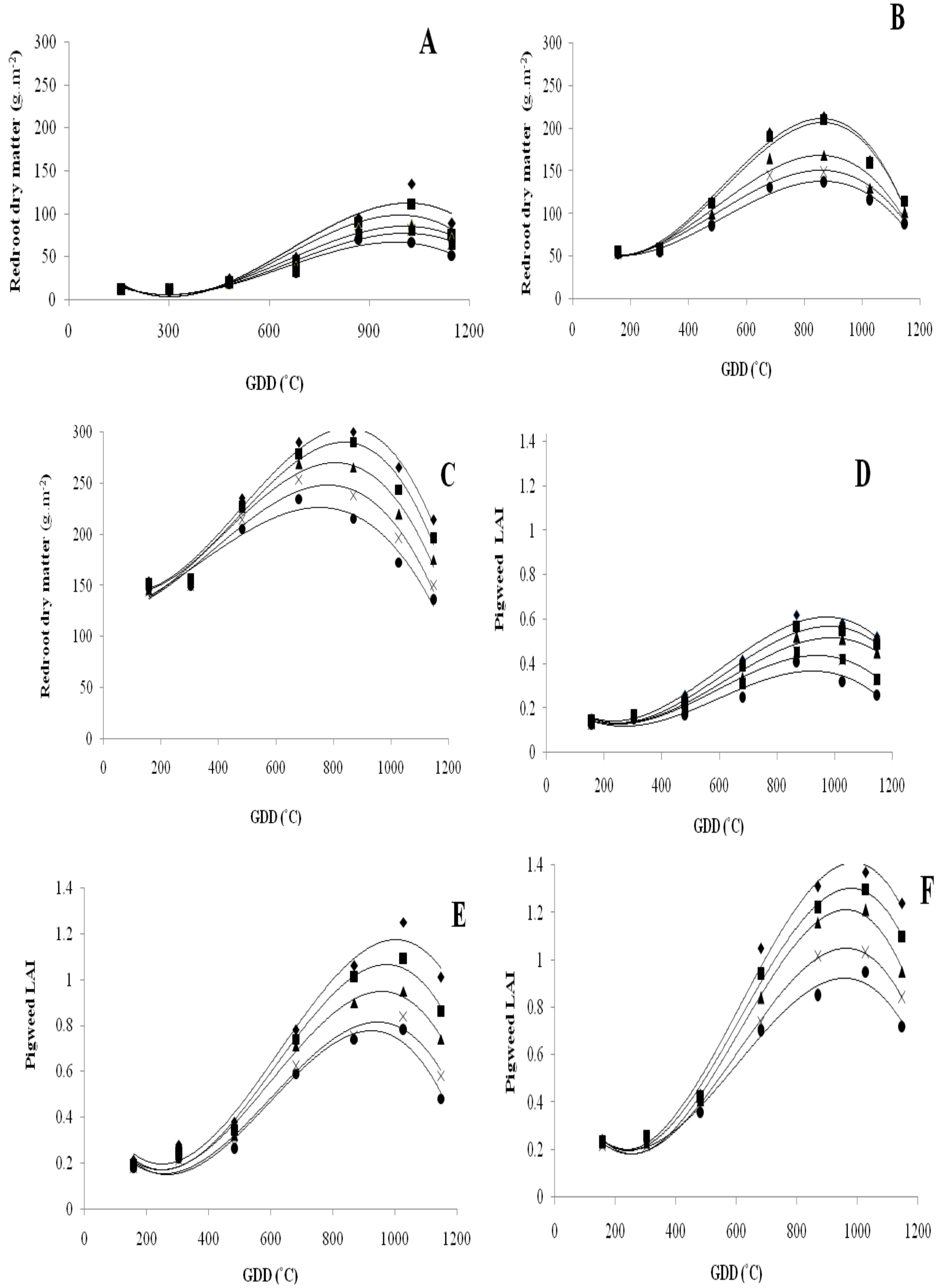
2-3- سرعت رشد تاج‌خروس

سرعت رشد مهم‌ترین شاخص جهت تجزیه و تحلیل رشد می‌باشد. سرعت رشد تاج‌خروس در کلیه تراکم‌ها در مراحل اولیه رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و پایین بودن شاخص سطح برگ و در نتیجه جذب کمتر نور به وسیله گیاه پایین بود. نمو و توسعه برگ سبب افزایش شدید در سرعت رشد تاج‌خروس گردید. در تیمارهای کشت خالص با افزایش تراکم گیاه کرچک سرعت رشد تاج‌خروس کاهش یافت به نحوی که تراکم گیاهی 15 بوته تاج‌خروس دارای بیشترین CGR در 1028 درجه روز رشد (0/075گرم در مترمربع در درجه روز رشد) بود (شکل 6-C). در این آزمایش کاهش سرعت رشد تاج‌خروس در اثر تراکم کرچک از صفر به شش بوته در مترمربع در تراکم پنج، 10 و 15 بوته به ترتیب 109، 122 و 134 درصد بود (شکل 6-A, B, C). گزارش حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2011) نشان داد تاج‌خروس در کشت مخلوط کمترین شاخص سطح برگ، وزن خشک تجمعی و سرعت رشد را در مقایسه با تیمارهای کشت خالص داشت.

2-4- سرعت رشد نسبی تاج‌خروس

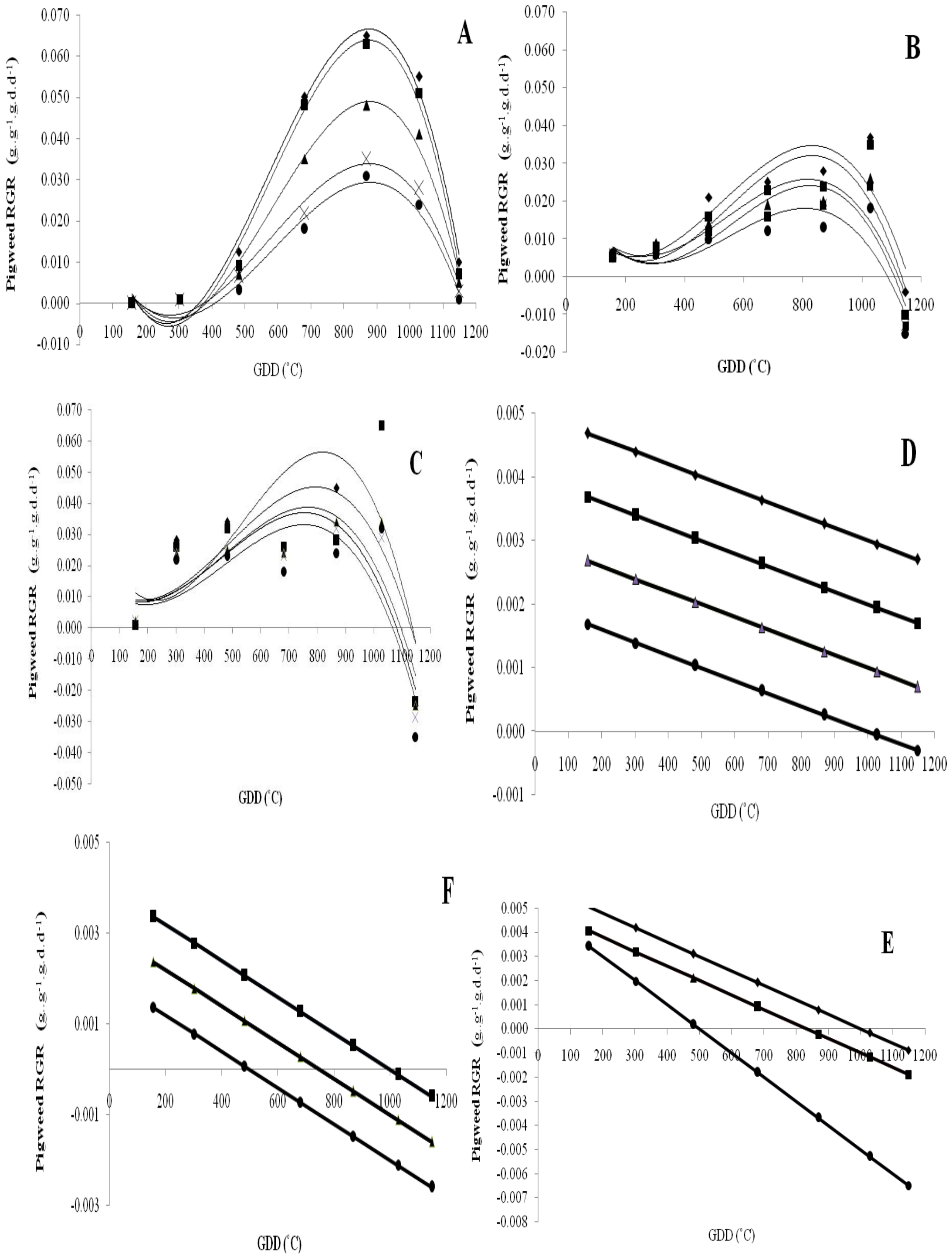
شکل 6-D, E, F نشان‌دهنده سرعت رشد نسبی تاج‌خروس است، این نگاره حاکی از آن است که در مراحل اولیه رشد چون تمام ماده خشک حاصل تولید برگ می‌باشد بنابراین مقدار RGR در مراحل اولیه رشد بالا است و پس از این مرحله RGR کاهش می‌یابد. همان‌طوری که در شکل 6-D دیده می‌شود سرعت رشد نسبی در تراکم‌های چهار و پنج کرچک تقریباً یکسان بوده و خطوط برازش آن‌ها تقریباً روی یکدیگر قرار گرفته‌اند که البته این انطباق در تراکم‌های 10 و 15 بوته در مترمربع تاج‌خروس نیز دیده می‌شود. حداکثر RGR در هر سه تراکم تاج‌خروس در کرت‌های خالص رخ داد، به طوری‌که مقادیر سرعت رشد نسبی در تراکم‌های پنج، 10 و 15 بوته در مترمربع تاج‌خروس در 157 درجه روز رشد به ترتیب 0/0047، 0/0041 و 0/0034 گرم بر گرم درجه روز رشد به دست آمد. نتایج این آزمایش همچنین نشان داد کاهش سرعت رشد نسبی تاج‌خروس در اثر افزایش تراکم کرچک از صفر به شش بوته در مترمربع در تراکم پنج، 10 و 15 بوته تاج‌خروس به ترتیب 70/8، 142 و 176

درصد بود.



شکل 5- روند تغییرات تجمع ماده خشک در تراکم‌های پنج (A)، 10 (B) و 15 (C) و شاخص سطح برگ در تراکم‌های پنج (D)، 10 (E) و 15 (F) تاج‌خروس با تراکم‌های کرچک {صفر (♦)، سه (■)، چهار (▲)، پنج (×) و شش (●) بوته در مترمربع}

Fig. 5- The trend of variation in dry matter accumulation in 5(A), 10(B), and 15(C) and leaf area index in 5(D), 10(E) and 15(F) of pigweed densities with castor bean densities {0(♦), 3(■), 4(▲), 5(×) and 6(●) plants.m^{-2}}



شکل 6- روند تغییرات سرعت رشد تاج خروس در تراکم‌های پنج (A)، 10 (B) و 15 (C) و سرعت رشد نسبی در تراکم‌های پنج (D)، 10 (E) و 15 (F) تاج‌خروس با تراکم‌های کرچک{صفر (♦)، سه (■)، چهار (▲)، پنج (×) و شش (●) بوته در مترمربع}

Fig. 6- The trend of variation pigweed growth rate in 5(A), 10(B), and 15(C) and relative growth rate in 5(D), 10(E) and 15(F) of pigweed densities with castor bean densities {0(♦), 3(■), 4(▲), 5(×) and 6(●) plants.m^{-2}}

در این مورد میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2006) با مطالعه اثرات تداخلی علف‌هرز تاج‌خروس با ذرت گزارش نمودند که افزایش تراکم علف‌هرز تاج‌خروس اثر معنی‌داری بر سرعت رشد نسبی ذرت داشته است.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش با توجه به اهمیت کنترل تلفیقی علف‌های هرز در سیستم‌های کشاورزی پایدار جهت ارائه راهکارهایی برای کاهش مصرف سموم شیمیایی و کاهش آلودگی محیط زیست نشان داد که افزایش تراکم، توان رقابتی کرچک در مقابل علف‌هرز تاج‌خروس را بهبود بخشیده به طوری‌که سرعت رشد، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد. با وارد شدن علف‌هرز تاج‌خروس از تولید ماده خشک، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول کاسته شد. کاهش یافتن ماده خشک تجمعی، ارتفاع بوته، سطح برگ و سرعت رشد کرچک در رقابت با تاج‌خروس دلالت بر ویژگی‌های برتر این علف‌هرز دارد. به نظر می‌رسد که توان بالای رقابت در تاج‌خروس و بهره‌مندی آن از مسیر فتوسنتزی C_4 همان‌طوری که دیلمن و همکاران (Dieleman et al., 1999) نیز بر آن تأکید داشته‌اند موجب گردیده است تا این گیاه در صحنه رقابت با کرچک ضمن افزایش عملکرد بیولوژیک خود وزن ماده خشک گیاه زراعی را نیز به طور معنی‌دار کاهش دهد. با توجه به این‌که کرچک در مراحل ابتدایی رشد دارای رشد کند می‌باشد بنابراین پس از استقرار گیاه سرعت رشد آن زیاد شده و در صورت کنترل علف‌های هرز در مراحل ابتدایی رشد خسارت آن‌ها حداقل خواهد بود. از مجموع پژوهش‌های یاد شده چنین نتیجه‌گیری می‌شود که تراکم بوته یکی از عوامل به زراعی مهم می‌باشد که اثر قابل توجهی بر پارامترهای رشد دارد به نحوی که با انتخاب تراکم مناسب می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در سایه‌انداز گیاهی رسید و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد.

منابع

Chaniago, I., Taji, A., and Jessop, R. 2006. Weed interference in soybean (*Glycine max* L.). Agricultural Economy and Environment 67: 1-22.

Cox, J.W., Hahnt, R.R., Stachowski, P.J., and Cherney, J.H. 2005. Weed interference and glyphosate timing affect forage yield and quality. Agronomy Journal 97: 847-853.

Dekker, J. 1997. Weed diversity and weed management. Weed Science 45: 357-363.

Dieleman, A., Hamil, A.S., Weise, S.F., and Swanton, C.J. 1999. Empirical models of pigweed (*Amaranthus* sp.) interference in soybean (*Glysine max* L.). Weed Science 43: 612-618.

FAO. 2005. Quarterly bulletin of statistics (QBS). Vol, 11. No 214.

Grichar, W.J., Dotray, P.A., and Trostle, C.L. 2012. Castor (*Ricinus communis* L.) tolerance to post emergence herbicides and weed control efficacy. International Journal Agronomy 2012: 1-5.

Hagood, E.S., Bauman, T.T., Willams, L., and Schreiber, M.M. 1981. Growth analysis of soybean (*Glycine max*) in competition with Jimsonweed (*Datura stramonum*). Weed Science 29: 500-504.

Harper, J.I. 1977. The Population Biology of Plants. Academic Press. London. 892 pp.

Hosseini, P., Rahimian, H., and Alizadeh, H. 2011. Competition of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) with two soybean (*Glysine max* L.) cultivar under sole and intercropping systems. Iranian Journal Weed Science 7: 13-24. (In Persian with English Summary)

Javadi, H., Rashedmohasel, H., Nasrabadi, A., and Mosavi, G. 2006. The effect planting density on growth index four genotype sorghum. Proceeding of the 9th Iranian Congress of Crop Science, 27-29 Aug. Tehran University, Tehran, Iran 630 pp. (In Persian with English Summary)

Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edwards Arnold publication. London, UK. 248 pp.

Karimi, M., and Azaizi, M. 1988. Crop Analysis of Growth. Mashhad Jihad-e Daneshgahi Press, Mashhad, Iran. 111 pp. (In Persian)

Klingman, T.E., and Oliver, L.R. 1994. Palmer amaranth (*Amaranthus palmeri* L.) interference in soybean (*Glycine max* L.). Weed Science 42: 523-527.

Knezevic, S.Z., Vanderlip, R.L., and Horak, M.J. 2001. Relative time of physiology determinants for *Amaranthus*

retroflexus. Weed Science 47: 291-296.

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

Massinga, R.A., Currie, R.S., and Horack, M.J. 2003. Interference of palmer amaranth in corn. Weed Science 49: 202-208.

Mirzaei, R., Banyan, M., Nassiri, M., Damgani, A., and Solimani, A. 2006. The effect of different densities of pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) on growth indices of corn (*Zea mays* L.). Proceeding of the 9th Iranian Congress of Crop Science 27-29 Aug. Tehran University, Tehran, Iran 630 pp. (In Persian with English Summary)

Moiser, D.G., and Oliver, L.R. 1995. Common cocklebur interference on soybean (*Glycine max*). Weed Science 43: 239-240.

Naseri, F. 1996. Seed oil. Astane Godse Razavi Press. 746 pp. (In Persian)

Oguniyi, D.S. 2006. Castor oil: A vital industrial raw material. Bioresource Technology 97: 1086-91.

Opinger, E.S., Oeke, E.A., Kaminski, A.R., Combs, S.M., Doll, J.D., and Schuler, R.T. 1990. Castor bean production. U.S.D.A. Farmers Bulletin. No. 2041.

Radosevich, S.R. 1987. Methods to study interaction among crops and weeds. Weed Technology 1: 190-250.

Raei, Y., Ghassemi, K., Javanshir, A., Alyari, H., Mohammadi, S.A., and Nasrallahzadeh, S. 2007. Interference effect of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) on soybean (*Glycine max* L.) growth and grain yield. Iranian Crop Science Journal 7(9): 2: 140-155. (In Persian with English Summary)

Rahimi, A., and Alikhni, M.A. 2010. Extinction coefficient, radiation use efficient, leaf area and dry matter distribution in corn (*Zea mays*) under competition with pigweed (*Amaranthus retroflexus*). Iranian Journal Weed Science 6(1): 65-77.

Roberta, M., Donato, L., Stfen, B., Vanti, M., Clarazain, M., and Goseppe, Z. 2010. Temperature and water potential as parameters for modeling weed emergence in central- northern Italy. Weed Science 58: 216-222.

Shinggu, C.P., Mahadi, M.A., and Adekpe, D.I. 2011. Performance of castor (*Ricinus communi*s L.) as influenced by period of weed interference in Samru, Nigeria. International of Science and Nature 2(1): 75-78.

Talatala, S.R., and Ranchz, C.V. 1990. Integrated weed control approach in corn. Philippine Journal Weed Science 17: 33-38.

Taherifard, E., and Germi, F. 2011. Morphlogical characters of four varieties of castor bean (*Ricinus communis* L.) in response to pruninglateral branches. Advances Environmental Biology 5(11): 3594-3598.

Traore, S.C., Mason, C., Martin, A.R., Mortensen, D.A., and Spotansk, I. 2003. Velvetleaf interference effects on yield and growth of grain sorghum. Weed Science 45: 345-351.

Tollenaar, M., Nissanka, S.P., Aguilera, A., Weise, S.F., and Swanton, C.J. 1994. Effect of interference and nitrogen on four maize hybrids. Agronomy Journal 86: 596-601.

Valdinei, S., Liv, S., Silva, M.O., Silv, V.N.B., and Brito, G. 2012. Pre and post-emergence herbicides for weed control in Castor crop. Industrial crops and products 37(1): 235-237.

Yadavi, A.R., Aghaalighani, M., Ghalavand, A., and Zand, E. 2006. Effect of plant density and planting arrangement on grain yield and growth indices of corn under redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) competition. Agricultural Research Journal 6(3): 31-46. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 182-196

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 196-182

Castor (*Ricinus communis* L.) and Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) Growth Indices in Terms of Interference

N. Jafarzadeh[1*], A.R. Pirzad[2] and H. Hadi[3]
Submitted: 06-05-2014
Accepted: 20-09-2014

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.

Introduction

Growth analysis has been widely used in breeding programs to identify the important plant developmental phases and components related to higher yield under a particular set of environmental conditions. Castor bean (*Ricinus communis* L.) is an important commercial crop. Castor oil based by products is used in manufacturing of several commercially important commodities like surfactants, coatings, greases, pharmaceuticals, cosmetics, polyesters, polymers, etc. Interference (Interactive effects among species on inter-species populations) is one of the main issues on the eco-physiology of plant populations where weeds impose negative effects by approaching the plant to compete in light, water and nutrient elements availability and results in reduced growth and yield (Shinggu et al., 2011). Growth indices are useful for interpreting plant reactions to the crop and weed density. Various reasons have been attributed for the low productivity among the most important is weed competition (Radosevich, 1987). The aim of the present experiment was evaluating the interference effects of redroot pigweed on growth indices of castor bean in northwest of Iran.

Materials and methods

This experiment was conducted in Urmia, Iran (Agricultural Research of West Azarbayjan, Saatlo Station (37°44´18″ N Latitude and 45° 10´ 53″ E Longitude, at 1338 m above sea level)) in 2012. The soil of the experimental field was sandy - loam, with pH of 7.2. Competitive pattern of experiment was in two-factor based on a randomized complete block design (RCBD) with three replications arranged in four castor plant densities (3, 4, 5 and 6 plants.m^{-2}) and four redroot pigweed densities (0, 5, 10 and 15 plants.m^{-2}). Redroot pigweed and castor seeds were simultaneously directly planted on the 22th May in 2012. Redroot pigweed plants were weeded at the times related to the treatments level. Irrigation and intercultural operations were performed whenever necessary. Plots were 3m×5m with 60 cm between rows. Seven times during plant growth stage castor plants were harvested from each plot considering marginal effects. The plants were transferred to the laboratory for evaluating of dry matter. Excel (Microsoft Office, 2007) was used for drawing of diagrams.

Results and discussion

The results showed that the highest dry matter (DM), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR) and relative growth rate (RGR) of castor were observed in pure stands of castor. Among pure stands, the highest and the lowest DM and CGR were achieved in castor densities of 5 and 3 plants.m^{-2}, respectively. The highest (4.06) and lowest (0.90) of castor LAI were observed in 6 plants.m^{-2} of castor density and 3 plants.m^{-2} of castor with 15 plants.m^{-2}of pigweed at 1046 GDDs, respectively. The Maximum (0.317 g.m^{-2}.g.d.d^{-1}) and minimum (0.114 g.m^{-2}. g.d.d^{-1}) of crop growth rate for castor plants were achieved at the same GDDs in 5 plants.m^{-2} of castor, and 3 plants.m^{-2} of castor with 15 plants.m^{-2} of pigweed, respectively. These parameters were decreased by increasing pigweed densities. Therefore, it can be concluded that DM and CGR are decreased, due to increasing pigweed density; these parameters are slightly affected by castor density. Measurement results of pigweed characteristics indicated reduction in LAI, DM, Weed Rate Growth (WRG) and RGR of pigweed in presence of castor bean. Increasing in castor density caused a greater reduction in the mentioned characteristics whereas in the highest density of pigweed (15 plants.m^{-2}), increasing in castor density caused 44, 40 and 134 % decrease in LAI, DM, WRG, respectively.

1, 2 and 3- Former PhD Student, Associated and Assistant Professor in Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Urmia University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Jafarzadeh.naser@gmail.com)

Conclusion

The results of this study showed that increasing plant density to 6 plant.m^{-2} increased LAI, DM, CGR and RGR. Therefore, it (6 plants.m^{-2} of Castor bean density) can be recommended for reducing redroot pigweed damage in Castor bean field.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the project byVice President for Research and Technology, Urmia University, and West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center, Iran.

Keywords: Crop growth rate (CGR), Density, Leaf area index (LAI), Relative growth rate (RGR), Weed

References

Radosevich, S.R. 1987. Methods to study interaction among crops and weeds. Weed Technology 1: 190-250.

Shinggu, C.P., Mahadi, M.A., and Adekpe, D.I. 2011. Performance of castor (*Ricinus communis* L.) as influenced by period of weed interference in Samru, Nigeria. International of Science and Nature 2(1): 75-78.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 211-197

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 197-211

بررسی ارتباط خصوصیات خاک و عوامل اقلیمی با پراکنش علف‌های هرز در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) استان کرمانشاه

مژگان ویسی[1*]، حمید رحیمیان مشهدی[2]، حسن علیزاده[2]، مهدی مین‌باشی[3] و مصطفی اویسی[4]

تاریخ دریافت: 1393/04/15
تاریخ پذیرش: 1394/01/26

ویسی، م.، رحیمیان مشهدی، ح.، علیزاده، ح.، مین باشی، م.، و اویسی، م. 1395. بررسی ارتباط خصوصیات خاک و عوامل اقلیمی با پراکنش علف‌های هرز در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) استان کرمانشاه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 211-197.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر عوامل اقلیمی و خاکی بر پراکنش علف‌های هرز مطالعه‌ای در 85 مزرعه گندم (*Triticum aestivum* L.) آبی بر اساس سطح زیر کشت این محصول در 11 شهرستان استان کرمانشاه طی سال‌های 91-1390 انجام شد. مجموعاً 162 گونه علف‌هرز متعلق به 33 خانواده گیاهی در این مزارع شناسایی شد. با استفاده از آنالیز چند متغیره همبستگی کانونی (CCA)، ارتباط پراکنش گونه‌های علف‌هرز با عوامل خاک (pH، کلسیم، منیزیم، فسفر، نیتروژن، پتاسیم، سدیم، درصد رس، شن و سیلت در بافت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و هدایت الکتریکی) و عوامل اقلیمی بررسی شد. مؤلفه اول و دوم در سال 1391 بیش از 64% واریانس پراکنش گونه‌ها را تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی توصیف کردند. یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.)، چچم (*Lolium rigidum* Gaud.)، خردل وحشی (*Sinapis arvensis* L.) و علف قناری (*Phalaris brachystacys* Link.) در مناطقی از استان که درجه حرارت بالا و ارتفاع از سطح دریا پایینی داشتند، از پراکنش وسیعی برخوردار بودند. تبخیر زیاد باعث افزایش علف‌های هرز جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch.)، بی تی راخ (*Galium tricornutum* Dandy.) و ماشک مریوانی (*Vicia assyriaca* Boiss.) طی ده ساله اخیر شد. خاک‌های با میزان نیتروژن و فسفر بالا، از جمعیت بالای علف‌هزر جودره در مزارع گندم برخوردار بودند. پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) و گلرنگ وحشی (*Carthamus oxycantha* M. B.) در خاک‌های رسی وفور بیشتری داشتند. تراکم بی تی راخ در خاک‌های قلیایی و شنی بیشتر از مناطق دیگر بود.

واژه‌های کلیدی: آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، تبخیر، فراوانی

مقدمه

رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) همانند سایر گیاهان زراعی بستگی به عوامل محیطی و مدیریت زراعی دارد. علف‌های هرز برای دستیابی به عوامل محیطی با گیاهان زراعی رقابت کرده و دسترسی گیاهان زراعی را به عوامل محیطی محدود می‌نماید، به همین دلیل، کنترل علف‌های هرز یکی از ارکان اساسی تولید محصول زراعی در سراسر جهان محسوب می‌شود. استان کرمانشاه با سطح زیر کشت 105000 هکتار گندم آبی با میزان تولید 478364 تن در هکتار و 335000 هکتار گندم دیم با تولید 246953 تن در هکتار، در سال زراعی 91-1390 یکی از قطب‌های گندم کشور می‌باشد (Anonymous, 2013a; Anonymous, 2013b).

عوامل محیطی نقش کلیدی در ساختار پوششی علف‌های هرز دارند (Lososova et al., 2004). پراکنش بسیاری از علف‌های هرز

1، 2، 3 و 4- به ترتیب مربی پژوهشی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، استاد، گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، استادیار، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی، تهران و استادیار، گروه زراعت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: movassi2002@yahoo.com)

در عرض‌های جغرافیایی، تحت تأثیر فشارهـای انتخـابی اسـت کـه توسط اقلیم به آن‌ها وارد می‌شود (Clements et al., 2011). هدف اصلی از مطالعات اکولوژیکی جوامع علف‌های هرز، شناسـایی الگـوی ترکیب و توزیع گونه‌ها و ارتباط این الگوها با تغییرات شـناخته شـده عوامل محیطی می‌باشد. آن‌چه بر ساختار جوامع علف‌های هرز تـأثیر می‌گذارد شامل عوامـل غیرزنـده ماننـد اقلـیم و خصوصـیات خـاک (Andreasen et al., 1991) و عوامل زنده از قبیل رقابـت بـا گیـاه زراعی یا سایر گونه‌های علف‌هرز و مـدیریت‌هـای زراعـی مـی‌باشـد (Dale et al., 1992). تحقیق در خصوص ارتبـاط بـین گونـه‌هـای گیاهی و متغیرهای محیطی از اهداف بسیاری از مطالعات اکولوژیکی است (Jafari et al., 2004). عوامل آب و هوایی بر توزیـع گونـه در یک مقیاس بزرگ تأثیر مـی‌گـذارد، در حـالی‌کـه شـرایط خـاک بـر الگوهـای مکـانی توزیـع گیاهـان در یـک منطقـه مشـخص مـؤثر است (Holzner, 1982).

روس و باچتالر (Reuss & Bachthaler, 1979) بـین حضـور علف‌های هرز و عوامل اقلیمی، یک شـاخص همبسـتگی بـه دسـت آوردنـد. دوک (Duke, 1976) حضـور علـف‌هـای هـرز چندسـاله را شاخصی برای برخی پارامترهای سالانه آب و هوایی در یـک منطقـه می‌داند. لیندسی (Lindsay, 1953) فراوانـی علـف‌هـای هـرز را در ویسکانسین بررسی و همبستگی آن را با میزان تبخیر در مـاه ژوئیـه مرتبط دانست. او نتیجه گرفت که طیف وسیعی از سازگاری گونه‌های علف‌هرز را می‌توان از داده‌های آب و هوایی استنباط کـرد. هـریس و کرانستون (Harris & Cranston, 1979) با مقایسه انواع خاک در کانادا، مناطق مستعد تهاجم علف‌هـرز گـل گنـدم (*Centaurea diffusa* Lam.) را مشخص کردند. در تحقیقی در مونتانا با استفاده از خصوصیات خاک، ارتفاع، بارش سالانه، تبخیر و تعرق، طـول فصـل یخبندان و میانگین بیشینه دما، مناطقی که بـالقوه در معـرض خطـر تهاجم علف‌هزر قنطوریون (*Centaurea maculosa* Lam.) بودنـد، مشخص شد (Timothy et al., 1985).

فریک و توماس (Frick & Thomas, 1992) بیان نمودند که طی سال‌های 1987-1960 ظهور و غالبیت گونه‌های مختلف علف-های هرز با تغییر فاکتورهای محیطی و مدیریت‌های زراعی به شدت تحت تأثیر قرار گرفته است. مرشدی و همکاران (Morshedi et al., 2008) با شناسایی و تهیه نقشه پراکنش علف‌های هرز مزارع گنـدم دیم در دو منطقه سرد و گـرم شهرسـتان شـیروان و چـرداول ایـلام مشاهده کردند که میزان خسارت و پراکنش علف‌های هرز با ارتفاع از سطح دریا همبستگی دارد. بررسی ارزیابی تنوع گونه‌ای علف‌های هرز مزارع گندم استان‌های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی توسط نوروز زاده و همکاران (Norozzadeh et al., 2008) نشان می‌دهد، غنای گونه‌ای علف‌های هرز در مزارع گندم شهرستان‌های مختلـف تحـت تأثیر شرایط اقلیمی مختلف و طول و عرض‌های جغرافیـایی، تفـاوت زیادی با یکدیگر دارد.

روش‌های آماری چند متغیره که در این بررسـی بـه آن پرداختـه شده است، ابزاری قدرتمند جهت بررسی رابطـه بـین ترکیـب جامعـه علـف‌هـرز و عوامـل محیطـی و اکولـوژیکی اسـت (Legendre & Legendre, 1998). دو هدف عمده از مدل‌های چند متغیره توصیفی، خلاصه‌سازی ساختار داده‌ها و پیش بینی می‌باشد (Jeffers, 1988). تکنیک CCA[1]، اثرات ویژه متغیرها را به مقدار زیادی توسـعه داده و نشان می‌دهد که مدلی قوی برای تعیین ارتباط بین گونه‌ها و محیط می‌باشد (Reed et al., 1993). این مدل ارتباط بین گونه‌ها و عوامل محیطی را نشان می‌دهـد (Bashkin et al., 2003). از مشخصـات ویژه CCA، کاربرد رگرسیون و همبستگی می‌باشد که برای بررسـی روابـط بـین توزیـع گونـه‌هـا و عوامـل محیطـی اسـتفاده مـی‌شـود (Terbraak & Prentice, 1988). در CCA، از همبســتگی و رگرسیون داده‌های فلوریستیکی و عوامـل محیطـی در داخـل آنـالیز رگرسـیون اسـتفاده مـی‌شـود (Hassan nejad & Pourhaydar Ghafarbi, 2013). پژوهش‌های زیادی در خصوص ارتبـاط و تـأثیر عوامل اقلیمی، خصوصیات خاک، روش‌های مدیریت با پراکنش علف-های هرز در مزارع صورت گرفتـه اسـت کـه در بسـیاری از آن‌هـا از تحلیل‌های چند متغیره استفاده شده است از جمله PCA[2] (Streit et al., 2003)، RDA[3] (Derksen, 1996)، CCA و PCA (Qiang, 2005).

هدف از این تحقیق بررسی عوامل محیطی (اقلیم و خصوصـیات خاک) تأثیرگذار بر جمعیت علف‌های هـرز مـزارع گنـدم آبـی اسـتان کرمانشاه می‌باشد. این اطلاعات نقـش مهمـی در توسعه اسـتراتژی مدیریت علف‌های هرز بر اساس تغییر عوامل اقلیمـی در سـال‌هـای آینده بازی می‌کند.

1- Canonical correspondence analysis
2- Principal component analysis
3- Redundancy analysis

مواد و روش‌ها

هدف از این تحقیق بررسی ارتباط و همبستگی پراکنش علف‌های هرز با عوامل اقلیمی و خصوصیات خاک می‌باشد. به همین منظور، 85 مزرعه گندم آبی در شهرستان‌های اسلام آبادغرب، سرپل ذهاب، کرمانشاه، هرسین، کنگاور، جوانرود، گیلانغرب، سنقر، کرند غرب، روانسر و صحنه در سال 91-1390 بر اساس روش توماس (Thomas, 1991) بررسی شدند. در سال 1391 از مزارع مورد بازدید به منظور بررسی ارتباط خصوصیات خاک با پراکنش علف‌های هرز در مزارع گندم، نمونه‌گیری خاک صورت گرفت. همین‌طور ارتباط پراکنش علف‌های هرز در سال 1391 با داده‌های اقلیمی بین سال‌های 1381 تا 1391 مورد ارزیابی قرار گرفت.

زمان نمونه‌برداری در مناطق مختلف استان از شروع ساقه رفتن تا انتهای مرحله خوشه‌دهی گندم بود. ارتفاع مناطق مورد بررسی بین 500 تا 1550 متر بود. انتخاب مزارع در سال 1391 بر اساس سطح آن‌ها در شهرستان با توجه به سه مقیاس، مزارع یک تا پنج هکتاری، شش تا پانزده هکتاری و مزارع شانزده هکتاری به بالا، صورت گرفت (جدول 1). از الگوی سیستمیک W جهت تعیین تراکم علف‌های هرز استفاده شد (Thomas, 1991; Mccully et al., 1991; Uddin et al., 2009; Minbashi et al., 2008). در مزارع پنج هکتاری پنج نمونه، شش تا پانزده هکتاری نه نمونه و مزارع شانزده هکتاری به بالا 13 نمونه گرفته شد. در مزارع پنج هکتاری 20 متر، شش تا پانزده هکتاری 40 متر و مزارع شانزده هکتاری به بالا 60 متر حاشیه در هر مزرعه در نظر گرفته شد. در هر سه مقیاس فاصله هر دو نقطه متوالی 20 متر بود و نمونه‌برداری در هر نقطه توسط یک کوادرات به ابعاد 0/5 متر در 0/5 متر (0/25 مترمربع) انجام شد و علف‌های هرز هر کوادرات به تفکیک جنس و گونه شناسایی و شمارش شدند (Minbashi et al., 2008; Uddin et al., 2009). در علف‌های هرز چند ساله تعداد ساقه و در باریک برگ‌ها تعداد پنجه به عنوان تراکم در نظر گرفته شد (Thomas et al., 1994).

جدول 1- تعداد مزارع بررسی شده بر حسب سطح زیر کشت گندم آبی در هر شهرستان استان کرمانشاه

Table 1- Number of fields surveyed in each county in Kermanshah province based on the area under irrigated wheat cultivation

سطح زیر کشت گندم آبی در هر منطقه (هکتار) The area under irrigated wheat cultivation in each county (ha)	تعداد مزارع مورد بررسی Number of fields surveyed
کمتر از 500 هکتار Less than 500 ha	2
500 تا 1000 هکتار 500 to 1,000 ha	3
1000 تا 5000 هکتار 1,000 to 5,000 ha	4
5000 تا 10000 هکتار 5,000 to 10,000 ha	6
10000 تا 15000 هکتار 10,000 to 15,000 ha	8
15000 تا30000 هکتار 15,000 to 30,000 ha	11
30000 تا 60000 هکتار 30,000 to 60,000 ha	15
بیش از 60000 هکتار More than 60,000 ha	هر 10000 هکتار یک مزرعه به 15 اضافه شد One field added to 15 for each 10000 ha

با بهره‌گیری از معادله‌های ارائه شده فراوانی، تراکم و میانگین تراکم در هر شهرستان محاسبه گردید.

$$F_k = \frac{\sum Yi}{n} \times 100 \qquad (1)$$

در ایـن معادلـه، F_k[1]: فراوانـی گونـه K (Thomas, 1991)، Y_i: حضور (1) و یا عدم حضور (0) گونه K در مزرعه شماره i و n: تعـداد مزارع مورد بازدید

$$D_{ki} = \frac{\sum_{1}^{m} Z_j}{m} \times 4 \qquad (2)$$

در این معادله، D_{ki}[2]: تراکم (تعداد بوته در مترمربع) برای گونه K در مزرعه شماره i (Thomas, 1991)، Z_j: تعداد گونه K در کوادرات (0/25 مترمربعی) و m: تعداد کوادرات پرتاب شده

$$MFD_{ki} = \frac{\sum_{1}^{n} D_{ki}}{n} \qquad (3)$$

در این معادلـه، MFD_k[3]: میـانگین تـراکم گونـه K (Thomas, 1991)، D_{ki}: تراکم گونه K در مزرعه شماره i و n: تعداد مزارع مورد مطالعه

به منظور بررسی ارتباط خصوصیات و بافـت خـاک بـا پـراکنش علف‌های هرز، نمونه‌گیری از خاک تا عمق 25 سـانتی‌متـری خـاک انجام شد. چون عمق اکثر خاک‌ورزی‌ها در این لایه اسـت و قسـمت عمده بانک بذر در لایه پنج سانتی‌متـری خـاک مـی‌باشـد. از داخـل کوادرات‌های نمونه‌گیری توسط اوگر انجام شد. سپس نمونه‌های هـر مزرعـه بـه طـور جداگانـه در آزمایشـگاه خـاک و آب بـرای تعیـین خصوصیات خاک آنالیز شد. خصوصیات خاکی اندازه‌گیری شده شامل pH، کلسیم، منیزیم، فسفر، نیتروژن، پتاسیم، سدیم، درصد رس، شن و سیلت در بافت خاک، ظرفیـت تبـادل کـاتیونی خـاک (CEC)[4] و هدایت الکتریکی (EC)[5] بود. pH توسط دستگاه pH متـر و عصـاره گل اشباع، هدایت الکتریکی با استفاده از دسـتگاه Conductometer یا EC متر و عصاره گل اشباع، فسفر قابل جـذب بـا عصـاره‌گیـری توسط بی‌کربنات سدیم ($NaHCO_3$) 0/5 مولار مخـتص خـاک‌هـای آهکی، پتاس قابل جذب با اسـتفاده از محلـول اسـتات آمونیـوم 0/5 مولار، کربن آلی خاک با استفاده از روش تیتراسیون، منیزیم و کلسیم با روش تیتراسیون با اسـتفاده از EDTA در عصـاره گـل اشـباع بـا استفاده از پمپ خلاء صورت گرفت. تشخیص بافت خاک نیز توسـط روش هیدرومتری انجام شد (Anonymous, 1994).

جهـت آنـالیز داده‌هـا از نـرم‌افـزار CANOCO (version 4.5) استفاده شد. از آنالیز تطابق کانونی (CCA)[6] جهـت تعیـین ارتبـاط و همبستگی بین علف‌های هرز و فاکتورهای محیطی استفاده می‌شـود (Kenkel et al., 2002; Qiang, 2005; Ter braak, 1987; Ter braak, 1988). پس از شناسایی علف‌هرز، دو ماتریس تشـکیل شـد. در ماتریس اول ردیف‌ها شامل مکان‌های نمونه‌بـرداری و سـتون‌هـا فراوانی گونه‌های شناسایی شده در مکان‌های نمونه‌بـرداری بـود. در ماتریس دوم مکان‌های نمونه‌بـرداری در ردیـف و عوامـل اقلیمـی و خاکی در ستون‌ها قرار گرفتند. عوامل اقلیمی شامل میـزان بارنـدگی سالیانه، تبخیر سالیانه، کمینه، بیشینه و میانگین درجه حرارت سالیانه و ارتفاع از سطح دریا بود. داده‌های اقلیمی از سال 1381 تـا 1391 از مرکز اطلاعات هواشناسی استان کرمانشاه تهیه شد.

ابتدا برای تصمیم‌گیری در مورد این‌که از روش‌های درجـه‌بنـدی خطی[7] استفاده کنیم، آنالیز DCA[8] را انجـام دادیـم. از تسـت مونـت کارلو جهت معنی‌دار بودن ($p \leq 0/05$) تفاوت ارتبـاط بـین گونـه‌هـا و عوامل مدیریتی استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن، گـراف‌هـای درجه‌بندی (بای پلات‌ها) رسم گردید. با استفاده آنـالیزهـای تطـابق کانونی (CCA) ارتباط عوامل اقلیمـی در سـال 1391 بـا 29 گونـه علف‌هرز غالب، خصوصیات خاک با 19 گونه غالب و ترکیب عوامـل اقلیمی و خاکی با 19 گونه علف‌هرز تعیین شد.

نتایج و بحث

ارتباط علف‌های هرز و فاکتورهای اقلیمی

نتایج بررسی‌های میدانی در مزارع گنـدم آبـی اسـتان کرمانشـاه نشان داد که مجموعاً 163 گونه علف‌هرز شناسایی شد که این تعـداد شامل 27 گونه باریک‌برگ و 126 گونه پهن‌برگ مـی‌باشـند. از ایـن میان 37 گونه جزو علف‌های هرز دائمی، 123 گونه علف‌هـای هـرز یک‌ساله و سه گونه از آن‌ها در رده علف‌های هرز دوساله قرار گرفتند.

نتایج نشان داد که گونه‌های علف‌هـرز شناسـایی شـده در سـال 1391 تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی (میانگین سال‌هـای 1381 تـا 1391) متفاوت است (شکل 1). در این بررسی ارتباط 29 گونه علف-

1- Frequency
2- Density
3- Mean field density
4-Cation exchange capacity
5- Electerical conductivity

6- Canonical correspondence analysis
7- Unimodal
8- Detrended correspondence analysis

هرز غالب (جدول 2) با شش فاکتور اقلیمی در مزارع گندم آبی استان کرمانشاه ارزیابی شد. آنالیز همبستگی کانونی CCA، چهار همبستگی معنی‌دار (چهار مؤلفه) در بین ترکیبات عوامل اقلیمی و تراکم گونه‌های علف‌های هرز شناسایی کرد. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی کانونی (CCA) نشان داد، دو مؤلفه اول و دوم بیش از 64% واریانس ارتباط بین گونه‌ها و عوامل اقلیمی را پیش بینی می‌کنند (جدول 3). همین‌طور تست مونت کارلو نشان داد که با احتمال 0/04 مؤلفه اول و کلیه مؤلفه‌های کانونی با احتمال 0/004 معنی‌دار می‌باشند (جدول 4).

جدول 2- نام علمی، میانگین تراکم، فراوانی، یکنواختی، شاخص غالبیت علف‌های هرز مزارع گندم آبی استان کرمانشاه در سال 1391

Table 2- Scientific name, mean density, frequency, uniformity, abundance index between the suryveys conducted in irrigated wheat fields of Kermanshah in 2012

نام علمی Scientific name	نام فارسی Persian name	فراوانی (درصد) Frequency (%)	یکنواختی (درصد) Uniformity (%)	میانگین تراکم (بوته در مترمربع) Mean density (plants.m^{-2})	شاخص غالبیت Abundance index
Convolvulus arvensis L.	پیچک صحرایی	3.40	58.54	27.52	89.46
Galium tricornutum Dandy.	بی تی راخ	3.43	56.1	26.87	86.4
Avena ludoviciana Dur.	یولاف وحشی	3.74	43.9	29.32	76.96
sinapis arvensis L.	خردل وحشی	0.81	32.14	19.87	52.82
Hordeum spontaneum C. Koch.	جو دره	6.51	30.49	15.8	52.80
Glycyrrhiza glabra L.	شیرین بیان	0.58	36.59	14.5	51.66
Polygonum aviculare L.	علف هفت‌بند	0.67	30.49	8.14	39.3
Secale cereale L.	چاودار	1.91	21.95	15.31	39.17
Vicia assyriaca Boiss.	ماشک مریوانی	0.65	24.39	11.73	36.77
Carthamus oxycantha M. B.	گلرنگ وحشی	19.51	8.63	0.34	28.48
Chenopodium album L.	سلمه‌تره	0.86	19.51	11.73	32.1
Cardaria draba L. Desv.	ازمک	15.85	5.54	0.5	21.89
Hordeum vulgari L.	جو زراعی خودرو	13.41	6.19	0.49	20.09
Phragmites australis Cav. Trin, ex Steud.	نی	11.9	6.19	0.46	18.55
Euphorbia aleppica L.	فرفیون سوری	14.63	3.75	0.09	18.47
Vaccaria grandiflora Fisch. ex DC. Jaub & Spach	جغجغک	12.2	5.21	0.22	17.63
Euphorbia helioscopia L.	فرفیون	8.54	8.47	0.16	17.17
Lithospermum arvense L.	سنگ دانه	9.76	5.05	1.28	16.08
Vicia villosa Roth.	ماشک گل خوشه‌ای	9.76	5.05	0.24	15.05
Solanum nigrum L.	تاج‌ریزی	8.54	4.23	0.53	13.3
Xanthium spinosum L.	توق	8.54	3.75	0.93	13.22
Polygonum convolvulus L.	پیچک بند	7.32	4.56	0.52	12.4
Phalaris brachystachys Link.	علف خونی	8.54	3.58	0.21	12.33
Anthemis cotula L.	بابونه	8.54	3.26	0.25	12.05
Sorghum halepense L. Pers.	قیاق	6.1	4.56	0.18	10.84
Myagrum perfoliatum L.	کمندی	6.1	3.58	0.13	9.81
Lolium rigidum Gaud.	چچم	6.1	2.44	0.11	8.65
Geranium tuberosum L.	شمعدانی وحشی	4.88	3.09	0.3	8.27
Physalis alkekengi L.	عروس پشت پرده	3.66	1.14	0.01	4.81

جدول 3- مقادیر ویژه آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، بیان‌کننده تفاوت در پراکنش علف‌های هرز تحت تأثیر عوامل اقلیمی در مزار ع گندم آبی (سال 1391)

Table 3- Eigenvalues of CCA axes that explained of the variation in weed species distribution affected by environmental factors in irrigated wheat fields (2012)

	مؤلفه اول λ_1	مؤلفه دوم λ_2	مؤلفه سوم λ_3	مؤلفه چهارم λ_4
مقادیر ویژه Eigenvalues	0.359	0.132	0.136	0.097
همبستگی عوامل اقلیمی و علف‌هرز Species- climate correlations	0.786	0.762	0.549	0.532
درصد تجمعی واریانس گونه Cumulative percentage variance of species data	4.8	9	10.9	12.2
درصد تجمعی واریانس بین گونه‌ها و عوامل محیطی Cumulative percentage variance of species- climate relation	34.2	64	76.9	86.1

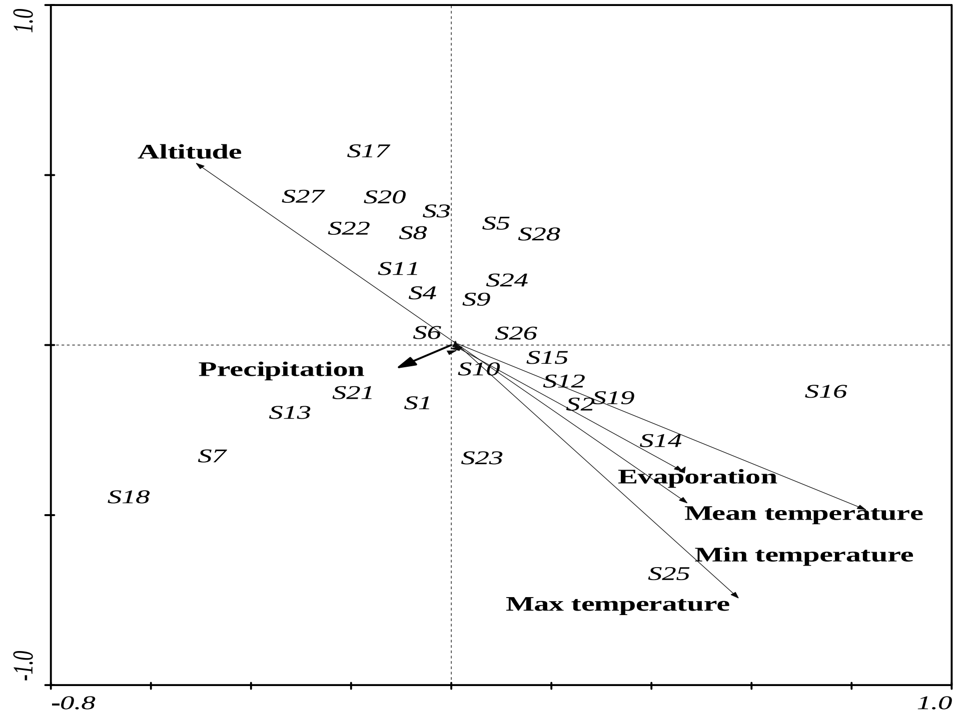
جدول 4- تست مونت کارلو ($p\leq0/05$) معنی‌دار بودن ارتباط بین علف‌های هرز و عوامل اقلیمی (سال 1391)

Table 4- Monte Carlo test ($p\leq0.05$) of significance relationship of weed species and environmental factors (2012)

آزمون Test	مقدار احتمال P-value	F نسبی F ratio
مقدار ویژه: معنی‌دار بودن محور اولیه کانونی Eigenvalues: test of significance of first canonical axis	0.04	2.514
معنی‌دار بودن تمام محورهای کانونی Test of significance of all canonical axes	0.004	1.33

مؤلفه اول با درجه حرارت‌های میانگین[1]، کمینه[2]، بیشینه[3] و میزان میزان تبخیر همبستگی مثبت دارد و با مجموع بارندگی سالیانه و ارتفاع محل همبستگی منفی دارد (شکل 1). درجه حرارت[4] و ارتفاع[5] ارتفاع[5] بیشترین تأثیر را بر پراکنش علف‌های هرز داشت. نمودار بای پلات نشان می‌دهد با افزایش درجه حرارت به خصوص درجه حرارت کمینه و تبخیر[6] در نقاط مختلف استان با افزایش تراکم علف‌های هرز هرز چچم (*Lolium rigidum* Gaud.)، یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* Dur.)، جودره (*Hordeum spontaneum* C. Koch.) و خردل وحشی (*sinapis arvensis* L.) مواجه هستیم. متقی و همکاران (Mottaghi et al., 2011) در بررسی وفور علف‌های هرز گندم ایران ذکر کرده سه عامل ارتفاع از سطح دریا، بارندگی سالیانه و میانگین دمای سالیانه محیط بر تراکم دو علف‌هرز چچم و یولاف وحشی مؤثر است. اکثر علف‌های هرز غالب باریک برگ به جز چاودار (*Secale cereale* L.) با ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی داشته و در مناطق کم ارتفاع استان پراکنش بیشتری داشتند. افزایش ارتفاع از سطح دریا، به طور مستقیم با تأثیر روی عوامل محیطی دیگری مانند کاهش درجه حرارت و به طور غیرمستقیم از طریق تأثیر در تشکیل خاک بر جوامع گیاهی اثر می‌گذارد (Khadem al Hossieni et al., 2007). علف قناری (*Phalaris canariensis* L.) و عروس پشت پرده (*Physalis alkekengi* L.) نیز همبستگی مثبت با درجه حرارت کمینه داشتند. تراکم علف‌های هرز پیچک‌بند (*Polygonum convolvulus* L.)، فرفیون سوری (*Euphorbia aleppica* L.)، جو خودرو (*Hordeum vulgari* L.)، کمندی (*Myagrum perfoliatum* L.) و ماشک مریوانی (*Vicia assyriaca* Boiss.) در مناطق مرتفع بیشتر بود و همبستگی مثبت با ارتفاع محل داشتند. در عین حال در مناطقی که از تبخیر و درجه حرارت‌های پایینی برخوردار بودند بهتر رشد می‌کردند. بردار بارندگی تأثیر کم آن را در پراکنش نشان می‌دهد با این وجود علف‌های هرز صابونک (*V. grandiflora* (Fisch. ex DC.) Jaub & Spach)، فرفیون سوری و چاودار همبستگی مثبت و علف هفت‌بند (*P. aviculare* L.)، توق (*Xanthium spinosum* L.) همبستگی منفی با آن نشان می‌دهد (شکل 1).

1- Mean temperature
2- Min temperature
3- Max temperature
4- Temperature
5- Altitude
6- Evaporation



شکل 1- بای پلات به دست آمده توسط آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، توصیف‌کننده ارتباط بین گونه‌های علف‌هرز و عوامل اقلیمی ($p \leq 0/004$) طی سال‌های 91-1381

Fig. 1- Biplot from the first two canonical variates describing the relationship of weed species fields and environmental factors ($p \leq 0.004$) over 2002-2012

S1: بابونه، S2: یولاف وحشی، S3: ازمک، S4: گلرنگ وحشی، S5: سلمه‌تره، S6: پیچک صحرایی، S7: فرفیون، S8: فرفیون سوری، S9: بی تی راخ، S10: شیرین بیان، S11: جو زراعی خودرو، S12: جودره، S13: سنگ دانه، S14: چچم، S15: نی، S16: عروس پشت پرده، S17: پیچک‌بند، S18: چاودار، S19: خردل وحشی، S20: قیاق، S21: جغجغک، S22: ماشک مریوانی، S23: ماشک گل خوشه‌ای، S24: توق، S25: عروس پشت پرده، S26: علف هفت بند و S27: کمندی

S1: *A. cotula*, S2: A. *ludoviciana*, S3: *C. draba*, S4: C. *oxycantha*, S5: *C. album*, S6: *C. arvensis*, S7: *E. helioscopia*, S8: *E. aleppecia*, S9: *G. tricornutum*, S10: *G. glabra*, S11: *H. vulgari*, S12: *H. spontaneum*, S13: *L. arvensis*, S14: *L. rigidum*, S15: *P. australis*, S16: *P. alkekengi*, S17 : *P. convolvulus*, S18: *S. cereal*, S19: *S. arvensis*, S20: *S. halepensis*, S21: *V. grandiflora*, S22 : *V. assyriaca*, S23: *V. villosa*, S24: *X. strumarium*, S25: *P. alkekengi*, S26: *P. aviculare* and S27: *M. perforatum*

جدول 5- مقادیر ویژه آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، بیان‌کننده تفاوت در پراکنش علف‌های هرز تحت تأثیر عوامل خاکی در مزار ع گندم آبی (سال 1391)

Table 5- Eigenvalues of CCA axes that explained of the variation in weed species distribution affected by edaphic factors in irrigated wheat fields (2012)

	مؤلفه اول λ_1	مؤلفه دوم λ_2	مؤلفه سوم λ_3	مؤلفه چهارم λ_4
مقادیر ویژه Eigenvalues	0.499	0.436	0.327	0.302
همبستگی عوامل اقلیمی و علف‌هرز Species- climate correlations	0.819	0.809	0.716	0.733
درصد تجمعی واریانس گونه Cumulative percentage variance of species data	6.2	11.6	15.7	19.4
درصد تجمعی واریانس بین گونه‌ها و عوامل محیطی Cumulative percentage variance of species- climate relation	22.2	41.6	56.1	69.6

جدول 6- معنی‌دار بودن تست مونت کارلو (p≤0/05) ارتباط بین علف‌های هرز و عوامل خاک (سال 1391)

Table 6- Monte carlo test (p≤0.05) of significance relationship of weed species and edaphic factors (2012)

F نسبی F ratio	مقدار احتمال P-value	آزمون Test
2.644	0.049	مقدار ویژه: معنی‌دار بودن محور اولیه کانونی Eigenvalues: test of significance of first canonical axis
1.293	0.044	معنی‌دار بودن تمام محورهای کانونی Test of significance of all canonical axes

ارتباط علف‌های هرز و خصوصیات خاک

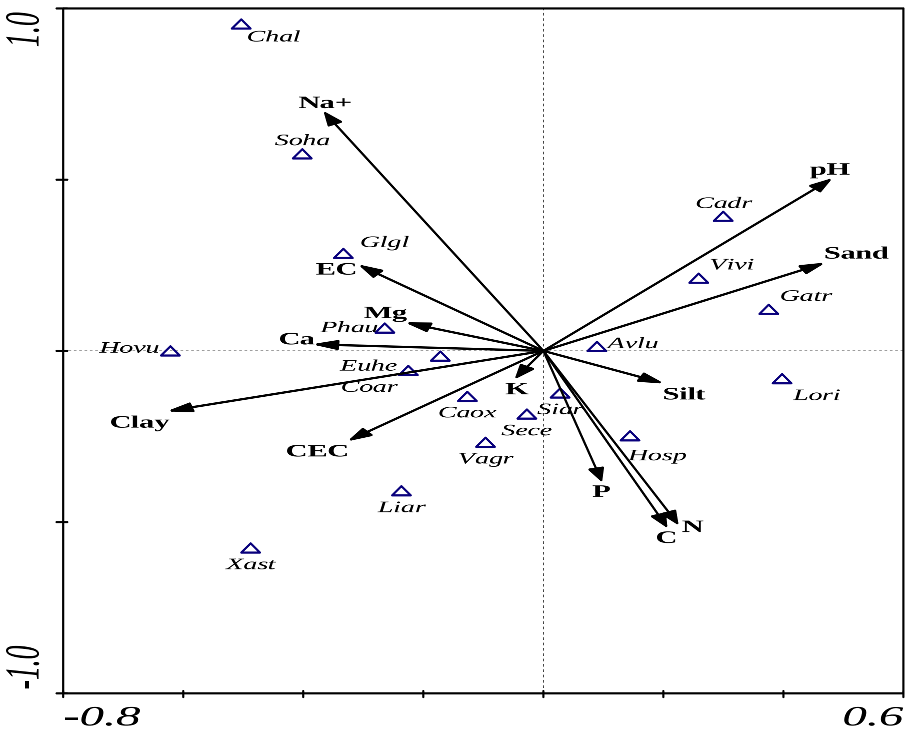
نتایج نشان داد که حضور گونه‌های علف‌هرز تحت تأثیر خصوصیات خاک متفاوت است. در این بررسی ارتباط 19 گونه علف-هرز غالب (جدول 2) با 13 عامل خاک در مزارع گندم آبی کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. آنالیز همبستگی کانونی CCA، چهار همبستگی معنی‌دار (چهار مؤلفه) در بین ترکیبات خصوصیات خاک و تراکم گونه‌های علف‌های هرز شناسایی کرد. نتایج حاصل از آنالیز همبستگی کانونی (CCA) نشان داد، دو مؤلفه اول و دوم بیش از 41/6% واریانس ارتباط بین گونه‌ها و خصوصیات خاک را پیش‌بینی می‌کنند (جدول 5). همین‌طور تست مونت کارلو نشان داد که با احتمال 0/04 مؤلفه اول و کلیه مؤلفه‌های کانونی با احتمال 0/04 معنی‌دار می‌باشند (جدول 6).

مؤلفه اول با میزان pH، نیتروژن، فسفر، کربن و خاک‌های با بافت شنی و سیلتی همبستگی مثبت دارد و با میزان سدیم، منیزیم، کلسیم، پتاسیم و ظرفیت تبادلی خاک و هدایت الکتریکی همبستگی منفی دارد (شکل 2). علف‌هرز جودره به شدت با میزان نیتروژن خاک همبستگی مثبت دارند. هم‌چنین جودره همبستگی نزدیکی با مزارعی با میزان کربن و فسفر بالا دارد. تراکم زیاد گیاه چچم در خاک‌های سیلتی مشاهده شد. علف‌های هرز سلمک (*Chenopodium album* L.) و قیاق (*Sorghum halepense* L. Pers.) در مزارعی که سدیم بالا دارند به وفور یافت می‌شود. در خاک‌هایی که PH بالایی دارند، علف‌هرز ازمک (*C. draba* L. Desv.) و ماشک گل خوشه‌ای (*V. villosa* Roth.) و در خاک‌های شنی علف‌هرز بی تی راخ تراکم بالایی دارند و در نمودار بای پلات همبستگی مثبت با این عوامل دارند (شکل 2). نمودار نشان می‌دهد علف‌هرز پیچک صحرایی (*Convolvulus arvensis* L.) در خاک‌های رسی بهتر رشد می‌کند. علف‌هرز توق و گلرنگ وحشی (*Carthamus oxycantha* M. B.) ارتباط بسیار نزدیکی با میزان تبادل کاتیونی خاک داشت (شکل 2). در خاک‌هایی که میزان منیزیم آن بالا است علف‌های هرز نی (*P. australis* (Cav.) Trin, ex Steud.)، جو خودرو و فرفیون رویش بیشتری داشت. گیاه شیرین بیان (*Glycyrrhiza glabra* L.) با خاک‌هایی که هدایت الکتریکی زیادی دارند همبستگی مثبت بالایی داشت (شکل 2).

ارتباط علف‌های هرز، خصوصیات خاک و عوامل اقلیمی

نتایج آنالیز همبستگی کانونی (CCA) نشان داد که پراکنش گونه‌های علف‌هرز تحت تأثیر عوامل اقلیمی و عوامل خاک متفاوت است. نمودار بای پلات توصیف‌کننده ارتباط 19 گونه علف‌هرز غالب (جدول 2) و 13 خصوصیات خاک و شش عامل اقلیمی است (شکل 3). در این نمودار مؤلفه اول و دوم بیش از 32/8% واریانس ارتباط بین گونه‌های علف‌هرز مزارع گندم آبی و خصوصیات خاک و عوامل اقلیمی را پیش‌بینی می‌کند (جدول 7). تست مونت کارلو نشان داد که با احتمال 0/047 مؤلفه اول و کلیه مؤلفه‌های کانونی با احتمال 0/01 معنی‌دار می‌باشند (جدول 8).

نمودار بای پلات نشان می‌دهد که میزان نیتروژن و فسفر خاک از فاکتورهای مؤثر بر رشد و رویش علف‌هرز جودره در مزارع گندم است. در تحقیقی، کاربرد میزان بالای نیتروژن در مزرعه گندم نشان داد که اندازه برگ جودره بیش از گندم افزایش یافت و بیوماس ساقه گندم در مزارعی که نیتروژن به کار رفته بود کمتر از مزرعه بدون نیتروژن بود (Hamidi, 2011). تنوع ژنتیکی بالا پتانسیل آللوپاتیک گیاه، میزان رشد زیاد، خصوصیات ریشه وتوانایی رقابتی بالای آن باعث شده که این گونه به صورت مهاجم در اقلیم‌های زیادی از ایران نمود پیدا کند (Hamidi, 2012). تأثیر کود نیتروژن بر علف‌های هرز بسیار پیچیده است (Pysek & Leps, 1991). نیتروژن عامل مهمی در ترکیب فلور علف‌های هرز هر منطقه می‌باشد (Bohnert, 1981; Pysek & Leps, 1991; Thorup & Pinnerrup, 1983). همچنین تبخیر زیاد و بالا بودن ماکزیمم و مینیمم درجه حرارت باعث افزایش تراکم یولاف وحشی در مزارع گندم شده است.



شکل 2- بای پلات به دست آمده توسط آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، توصیف‌کننده ارتباط بین گونه‌های علف‌هرز و خصوصیات خاک (p≤0/038) طی سال های 91-1381

Fig. 2- Biplot from the first two canonical variates describing the relationship of weed species fields and soil characters (p≤0.038) over 2002-2012

یولاف وحشی (Avlu)، قیاق (Soha)، شیرین بیان(Glgl)، نی (Phau)، جو خودرو (Hovu)، فرفیون (Euhe)، پیچک صحرایی (Coar)، گلرنگ وحشی (Caox)، چاودار (Sece)، جغجغک (Vagr)، سنگ دانه (Liar)، توق (Xast)، خردل وحشی (Siar)، جودره (Hosp)، چچم (Lori)، بی تی راخ (Gatr)، ماشک گل خوشه‌ای (Vivi) و ازمک (Cadr)

Avlu: *A. ludoviciana*, Soha: *S. halepensis*, Glgl: *G. glabra*, Phau: *P. australis*, Hovu: *H. vulgari*, Euhe: *E. helioscopia*, Coar: *C. arvensis*, Coax: *C. oxycantha*, Sece: *S. cereale*, Vagr: *V. grandiflora*, Liar: *L. arvense*, Xast: *X. strumarium*, Siar: *S. arvensis*, Hosp: *H. spontaneum*, Lori: *L. rigidum*, Gatr: *G. tricornutum*, Vivi: *V. villosa* and Cadr: *C. draba*

جدول 7- مقادیر ویژه آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، بیان‌کننده تفاوت در پراکنش علف‌های هرز تحت تأثیر عوامل خاک و عوامل اقلیمی در مزارع گندم آبی (سال 1391)

Table 7- Eigenvalues of CCA axes that explained of the variation in weed species distribution affected by edaphic and climatic factors in irrigated wheat fields (2012)

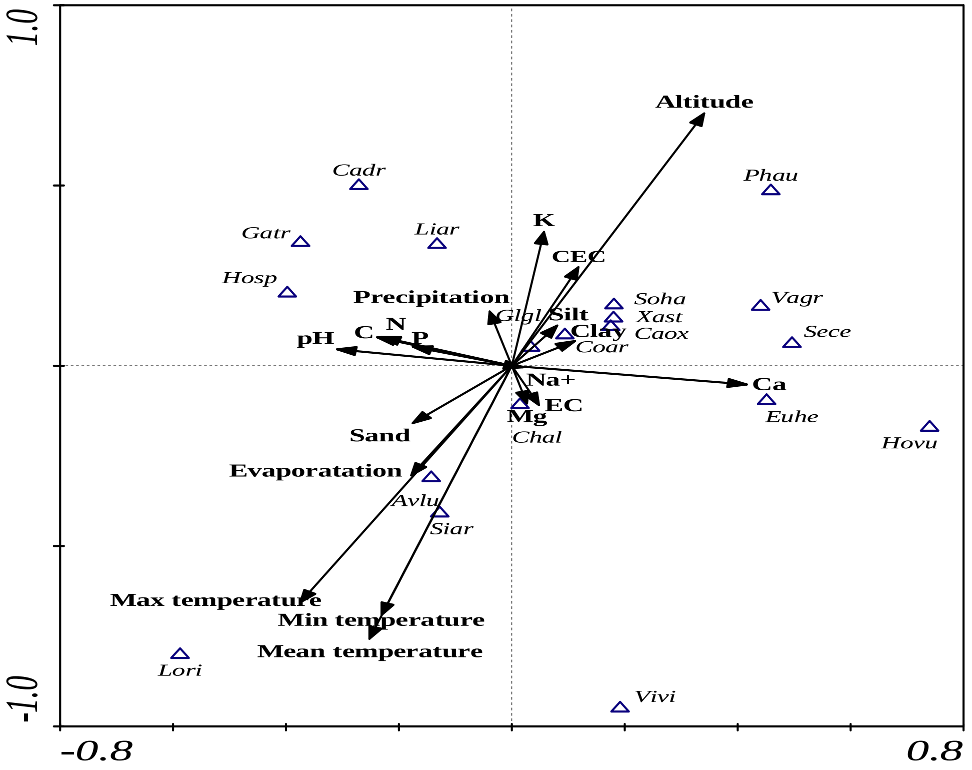
	مؤلفه اول λ_1	مؤلفه دوم λ_2	مؤلفه سوم λ_3	مؤلفه چهارم λ_4
مقادیر ویژه Eigenvalues	0.483	0.462	0.404	0.357
همبستگی عوامل اقلیمی و علف‌هرز Species- climate correlations	0.835	0.914	0.822	0.799
درصد تجمعی واریانس گونه Cumulative percentage variance of species data	6.7	13	18.6	23.5
درصد تجمعی واریانس بین گونه‌ها و عوامل محیطی Cumulative percentage variance of species- climate relation	16.8	32.8	46.8	59.1

جدول 8- تست مونت کارلو (p≤0/05) معنی‌دار بودن ارتباط بین علف‌های هرز، عوامل خاکی و اقلیمی (1391)

Table 8- Monte carlo test (p≤0.05) of significance relationship of weed species edaphic and cilimatic factors (2012)

آزمون **Test**	مقدار احتمال **P-value**	F نسبی **F ratio**
مقدار ویژه: معنی‌دار بودن محور اولیه کانونی Eigenvalues: test of significance of first canonical axis	0.047	2.424
معنی‌دار بودن تمام محورهای کانونی Test of significance of all canonical axes	0.01	1.245

رویش بهتر و سرعت جوانه‌زنی بذور یولاف وحشی پس از رسیدن، با بالا رفتن درجه حرارت تا 30 درجه سانتی‌گراد و افزایش رطوبت نسبی بین 16 تا 100% افزایش می‌یابد (Quail & Carter, 1969). یولاف وحشی و چچم با ارتفاع از سطح دریا نیز همبستگی منفی داشتند و در نقطه مقابل این بردار قرار گرفت و بیشتر در مناطق کم ارتفاع استان مشاهده شدند (شکل 3). خردل وحشی در مناطقی که میانگین درجه حرارت در آن‌ها بالاست وفور بیشتری داشت.



شکل 3- بای پلات به دست آمده توسط آنالیز همبستگی کانونی (CCA)، توصیف‌کننده ارتباط بین گونه‌های علف‌هرز و خصوصیات خاک و فاکتورهای اقلیمی طی سال‌های 1391-1381 (p≤۰/۰۰۴)

Fig. 3- Biplot from the first two canonical variates (CCA) describing the relationship of weed species fields, soil characters and environmental factors (p≤0.004) over 2002-2012

یولاف وحشی (Avlu)، قیاق (Soha)، شیرین بیان (Glgl)، نی (Phau)، جو خودرو (Hovu)، فرفیون (Euhe)، پیچک صحرایی (Coar)، گلرنگ وحشی (Caox)، چاودار (Sece)، جغجغک (Vagr)، سنگ دانه (Liar)، توق (Xast)، خردل وحشی (Siar)، جودره (Hosp)، چچم (Lori)، بی تی راخ (Gatr)، ماشک گل خوشه‌ای (Vivi)، ازمک (Cadr) و سلمه‌تره (Chal)

Avlu: *A. ludoviciana*, Soha: *S. halepensis*, Glgl: *G. glabra*, Phau: *P. australis*, Hovu: *H. vulgari*, Euhe: *E. helioscopia*, Coar: *C. arvensis*, Coax: *C. oxycantha*, Sece: *S. cereale*, Vagr: *V. grandiflora*, Liar: *L. arvense*, Xast: *X. strumarium*, Siar: *S. arvensis*, Hosp: *H. spontaneum*, Lori: *L. rigidum*, Gatr: *G. tricornutum*, Vivi: *V. villosa*, Cadr: *C. draba* and Chal: *C. album*

به طور کلی جودره و بی تی راخ (*Galium tricornutum* Dandy.) با میزان نیتروژن ، فسفر، کربن آلی و میزان pH خاک همبستگی دارند. علف‌هزر بی تی راخ اکثراً در خاک‌های قلیایی دیده می شود (Perring, 1973). از عوامل اقلیمی مؤثر در پراکنش یولاف وحشی زمستانه و چچم بالا بودن درجه حرارت می‌باشد (شکل 3). گیاه ازمک با میزان بارندگی سالیانه همبستگی مثبت داشت. نمودار بای پلات نشان داد که علف‌هرز توق، پیچک صحرایی و گلرنگ وحشی، خاک‌های رسی را ترجیح می‌دهد. علف‌هرز خردل وحشی همبستگی مثبت بالایی با میانگین درجه حرارت داشت (شکل‌های 3 و 4). علف‌هرز نی در مناطق مرتفع استان از تراکم بالایی برخوردار است. بارندگی تأثیر کمی در پراکنش علف‌های هرز داشت. انجام آبیاری در مزارع گندم مورد مطالعه منجر به کاهش تأثیرگذاری بارش گردید که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت داشت (Glemnitz et al., 2006). علف‌هرز صابونک خاک‌های با پتاسیم بالا را ترجیح می‌دهد. پراکنش علف‌هرز فرفیون و جو خودرو در مزارع گندم در خاک‌های با کلسیم بالا بیشتر بود.

نتیجه‌گیری

بررسی داده‌های اقلیمی سال‌های 91-1381 نشان داد که همراه با افزایش درجه حرارت و تبخیر در نقاط مختلف استان با افزایش تراکم علف‌های هرز چچم، یولاف وحشی زمستانه، جودره و خردل وحشی مواجه هستیم. تبخیر زیاد باعث افزایش علف‌های هرز جودره، بی تی راخ و ماشک مریوانی طی ده ساله اخیر شد. می‌توان پیش‌بینی کرد چنان‌چه در سال‌های آینده با افزایش درجه حرارت و تبخیر مواجه باشیم، شاهد وفور بالای این علف‌های هرز در استان خواهیم بود. تراکم علف‌های هرز جودره در مزارع با فسفر بالای خاک به شدت زیاد بود. این علف‌هرز همچنین در مزارعی با میزان کربن و فسفر بالا نیز پراکنش داشت. گیاه چچم بیشتر در خاک‌های سیلتی و تا حدی در خاک‌های با میزان نیتروژن زیاد مشاهده شد. مقایسه عوامل اقلیمی و خاکی در استان نشان می‌دهد که میزان نیتروژن و فسفر خاک از عوامل مؤثر بر رشد و رویش علف‌هرز جودره در مزارع گندم در استان کرمانشاه بود. از طرفی علف‌های هرز بی تی راخ، سنگ دانه (*Lithospermum arvense* L.) و ماشک مریوانی نیز همبستگی خفیفی با نیتروژن نشان دادند. این نتایج نشان می‌دهد با توجه به این‌که علف‌های هرز از نیتروژن بیشتر از گیاه زراعی بهره می‌برند تراکم آن‌ها، با توجه به استفاده غیراصولی کشاورزان از کودهای نیتروژن بیشتر می‌شود. بنابراین یکی از روش‌های کنترل این علف‌های هرز استفاده بهینه از کودهای نیتروژن و فسفر در سطح مزارع گندم می‌باشد. علف‌های هرز چاودار و جو خودرو توسط بذور آلوده در استان پراکنده شده‌اند. یولاف وحشی زمستانه، چچم و علف قناری در مناطقی از استان که درجه حرارت بالا دارند و ارتفاع از سطح دریا پایینی دارند، از تراکم بیشتری برخوردارند. تراکم بی تی راخ در خاک‌های قلیایی و شنی بیشتر از مناطق دیگر بود. فرفیون نیز همبستگی شدیدی با خاک‌های با کلسیم بالا نشان داد.

به طور کلی پیش‌بینی می‌شود با افزایش درجه حرارت طی سال‌های آینده شاهد افزایش تراکم و فراوانی علف‌های هرز یولاف وحشی، چچم و خردل وحشی در مزارع گندم آبی استان باشیم. همین‌طور عدم مصرف بهینه کشاورزان از کود منجر به بالا رفتن تراکم علف‌های هرز جودره و بی تی راخ در مزارع گردد.

منابع

Andreasen, C., Streibig, J.C., and Haas, H. 1991. Soil properties affecting the distribution of 37 weed species in Danish fields. Weed Research 31: 181-187.

Anonymous. 2013a. Agricultural of Statistic Database. Agriculture Crop and Orchard Products 2: 2010-2011. Ministry of Agriculture, Department of Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technology. Available at web site http://www.maj.ir/portal. (Verified 20 April 2013). (In Persian)

Anonymous. 2013b. Agricultural of Statistic Database. Agriculture Products 2, 2011. Ministry of Agriculture, Department of Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technology. Available at web site http://www.maj.ir/portal. (Verified 20 April 2013). (In Persian)

Anonymous. 1994. Methods of Authorised Soil Analysis in Denmark. Ministry of Agriculture and Fisheries.

Bashkin, M., Stohlgren, T.J., Otsuki, Y., Lee, M., Evangelista, P.H., and Belnap, J. 2003. Soil characteristics and plant exotic species invasion in the Grand Staircase Escatlante National Monument, Utah, USA, Applied Soil Ecology 22: 67-77.

Bohnert, W. 1981. Ergebnisse von struktur unter suchungen in unterschied-lish begullten acker unkraut phytozonosen. Wiss. Z. University Halle 81: 103-114.

Clements, D.R., and Ditommaso, A. 2011. Climate change and weed adaptation: can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecasted? Weed Research 51: 227-240.

Dale, M.R.T., Thomas, A.G., and John, E.A. 1992. Environmental factors including management practices as correlates of weed community composition in spring seeded crops. Canadian Journal of Botany 70: 1931-1939.

Derksen, D.A. 1996. Weed community ecology: Tedious sampling or relevant science? A Canadian perspective. Phytoprotection 77: 29-39.

Duke, J.A. 1976. Perennial weeds as indicators of annual climatic parameters. Agricultural Meteorology 16: 291-294.

Frick, B., and Thomas, A.G. 1992. Weed survey in different tillage systems in Southern Ontario field crops. Canadian Journal of Plant Science 72: 1337-1347.

Glemnitz, M., Radics, L., Hoffmann, J., and Czimber, G. 2006. Weed species richness and species composition of different arable field types– A comparative analysis along a climate gradient from south to north Europe. Journal of Plant Diseases Protection 20: 577-586.

Hamidi, R., Mazaheri, D., and Rahimian, H. 2011. Wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) growth responses to nitrogen and densities in a replacement series study. Canadian Journal of Science Industry Research 2: 251-267.

Hamidi, R. 2012. The invasive status of wild barley (*Hordeum spontaneum* C. Koch.) in Iranian flora: A Review. Journal of Ecology Natural Environment 4(4): 94-97.

Harris, P., and Cranston, R. 1979. An economic evaluation of control methods for diffuse and spotted knapweed in western Canada. Canadian Journal of Plant Science 59: 375-382.

Hassannejad, S., and Pourhaydar Ghafarbi, S. 2013. Effect of environmental factors on weed species distribution. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 3(4): 355-360.

Holzner, W. 1982. Weeds as indicators. In Holzner, W., and Numata, N. (Eds.) Biology and ecology of weeds. Junk, The Hague p. 187-190.

Jafari, M., Zare chahooki, M.R., Tavili, A., Azarinvand, H., and Zahdi Amiri, V. 2004. Effect of environment factors on distribution plant of Yazd Poshtkooh ranglands. Journal of Natural Resources 56: 621-641. (In Persian with English Summary)

Jeffers, J.N.R. 1988. Practitioner’s Handbook on the Modeling of Dynamic Change in Ecosystems. New York, Journal Wiley. 181 pp.

Kenkel, N.C., Derksen, D.A., Thomas, A.G., and Watson, P.R. 2002. Multivariate analysis in weed science research. Weed Science 50: 281-292.

Khadem al hossieni, Z., Shokri, M., and Habibian, S.H. 2007. Survey of topography factors and climate on distribution plants of Arsanjan rangeland (Bonab). Journal of Rangeland 1(3): 222-236. (In Persian with English Summary)

Legendre, P., and Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. Second Edition. Amsterdam, Elsevier. p. 853.

Lindsay, D.R. 1953. Climate as a factor influencing the mass ranges of weeds. Ecology 34: 308-321.

Lososova, Z., Chytry, M., Cimalova, S., Kropac, Z., Otypkova, Z., Pysek, P., and Tichy, L. 2004. Weed vegetation of arable land in Central Europe: gradients of diversity and species composition. Journal of Vegetation Science 15: 415-422.

Mccully, K.V., Sampson, M.G., and Watson, A.K. 1991. Weed survey of Nova Scotia, Lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*) fields. Weed Science 39: 180-185.

Minbashi Moeini, M., Baghestani, M.A., and Rahimian, H. 2008. Introducing abundance index for assessing weed flora in survey studies. Weed Biology and Management 8: 172-180.

Morshedi, A., Montazeri, M., Minbashi, M., and Morshedi, J. 2008. Identification and distribution map of weeds in dryland wheat in Shirvan- Chardavol (Ilam) using GIS and their effect on crop loss at cold and sub-tropic areas. Proceedings of the 2nd National Weed Science Congress. Mashhad, 29-30 January 2008, 2: 58-64. (In Persian with

English Summary)

Mottaghi, S., Akbari, G.H.A., Minbashi, M., Allahdadi, I., Zand, E., and Lotfifar, O. 2012. The study of dispersal of english title dominant grass weeds of irrigated wheat fields of Iran and determine the effective environmental factors. Plant Products Technology (Agricultural Research) 11(2): 13-24.

Norozzadeh, S., Rashed Mohasel, M.H., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Abbas Pour, M. 2008. Evaluation of species functional and structural diversity of weeds in wheat fields of Northern, Southern and Razavi Khorasan provinces. Iranian Journal of Field Crop Research 6: 471-485. (In Persian with English Summary)

Pysek, P., and Leps, J. 1991. Response of a weed community to nitrogen fertilization: A multivariate analysis. Journal of Vegetation Science 2: 237-244.

Qiang, S. 2005. Multivariate analysis, description, and ecological interpretation of weed vegetation in the summer crop fields of Anhui province, China. Journal of Integrative Plant Biology 47(10): 1193-1210.

Quail, P.H., and Carter, O.G. 1969. Dormancy in seeds of *Avena ludoviciana* and *A. fatua*. Australian Journal of Agricultural Research 20(1): 1-11.

Reed, R.A., Peet, R.K., Palmer, M.W., and White, P.S. 1993. Scale dependence of vegetation- environment correlation: A case study of North Carolina piedmont woodland. Journal of Vegetation Science 4: 329-340.

Reuss, H.U., and Bachthaler, G. 1979. Review about state and trend of the weed flora on arable land influenced by ecological and anthropogenic factors. In ninth International Congress of Plant Protection Washington 5-11 August.

Streit, B., Rieger, S.B., Stamp, P., and Richner, W. 2003. Weed populations in winter wheat as affected by crop sequence, intensity of tillage and time of herbicide application in a cool and humid climate European. Weed Research 43: 20-32.

Ter Braak, C.J.F. 1987a. The analysis of vegetation-environment relationships by canonical correspondence analysis. Vegetation 69: 69-77.

Ter Braak, C.J.F. 1988. Canoco, a fortran program for canonical community ordination by partial, detrended, canonical correspondence analysis, principal component analysis and redundancy analysis. Version 2.1. Agricultural Mathematics Group, Wageningen 95 pp.

Ter Braak, C.J.F., and Prentice, I.C. 1988. A theory of gradient analysis. Advanced Ecology Research 18: 271-317.

Thomas, A.G. 1991. Floristic composition and relative abundance of weeds in annual crops of Manitoba. Canadian Journal of Plant Science 71: 831-839.

Thomas, A.G., Douglas, J.D., and Mccully, K.V. 1994. Weed survey of spring cereals in New Brunswick. Phytoprotection 75(3): 113-124.

Thorup, S., and Pinnerup, S.P. 1983. Soil tillage and catch crop by growth of barley. 3 The influence on weed population. Tidsskrift for Planteavl 87: 237-256. (In Danish with English Summary)

Timothy, K., Chicoine, Peter, K.F., and Nielsen, G.A. 1985. Predicting weed migration from soil and climate maps. Weed Science 34(1): 57-61.

Uddin, K.M., Juraimi, A.S., Begum, M., Ismail, M.R., Rahim, A.A., and Othman, R. 2009. Floristic composition of weed community in turf grass area of west peninsular Malaysia. International Journal of Agricultural Biology 11: 13-20.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 197-211

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 211-197

Survey of Associations among Soil Properties and Climatic Factors on Weed Distribution in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Kermanshah Province

M. Veisi[1*], H. Rahimian[2], H. Alizade[2], M. Minbashi[3] and M. Oveisi[4]
Submitted: 06-07-2014
Accepted: 15-04-2015

Veisi, M., Rahimia, H., Alizade, H., Minbashi, M., and Oveisi, M. 2016. Survey of Associations Among Soil Properties and Climetic Factors on Weed Distribution in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Kermanshah Province. Journal of Agroecology 8(2): 197-211.

Introduction

Kermanshah province, Iran, comprises an area, of 24640 km^2 and is located between 33°37′-35°17′N and 45°20′-48°1′E. The average annual precipitation is 450 mm. Most of the fields surveyed in this study lie between 542 and 1554 m a.s.l. Among the factors decreasing the wheat yields, weeds have an important role. The results of some researches show that the weeds flora depends on climatic conditions, temperature and amount of rainfall in spring and in summer. Environmental factor splay a key role in the weed cover. These differences affected by climatic conditions, latitude and longitude. Multivariate statistical methods that have been addressed in this study area powerful tool to study the relationship between environmental factors and ecological weed community composition (Hassannejad & Pourhaydar Ghafarbi, 2013; Lososova et al., 2004). Correlation and regression of data floristic and environmental factors were used in the CCA (Canonical Correspondence Analysis) technique (Legendre & Legendre, 1998).

Materials and methods

A survey was conducted to study the effects of soil and climatic factors on distribution of weeds in 85 irrigated wheat fields in 11 counties based on its area under irrigated wheat. An Experiment was conducted in Kermanshah province during 2011-2012. After choosing the field to be surveyed, the surveyor followed a “w”-designated set pattern to enumerate the weeds in each type of field. The pattern and number of 0.25 m^2 quadrats varied according to the size of the fields. The field surveys were made during the wheat tillering to stem elongation stages. Frequency, density and mean density index of species in each county were calculated. After weed species were collected in the fields, we arranged the samples into the first matrix where weed species are represented by columns and fields of different districts by rows. Also, in the second matrix, environmental factors are represented by columns and fields of different districts by rows. Data on weed communities and environmental factors of all districts were analyzed through with ordination methods like canonical correspondence analysis (CCA) and weed species distribution and environmental factors displayed in ordination diagrams. These ordination methods were done with mean density of 29 abundant weed species for CCA using CANOCO (Version 4.5). Ordination plots were produced for both sampling sites and weed species associated with environmental factors. For CCA, we used site elevation, humidity for 10 years period, daily raining for a 10 years period. Soil characteristic included calcium, phosphor, potassium, nitrogen, sodium, magnesium, pH were determined. Sand, clay and silt in soils were measured and elevation of each field was gained by GPS.

Results and discussion

162 weed species belonging to 33 plant families were identified in these fields. Multivariate analyses with canonical correspondence analysis (CCA) showed that changes in the weed species distribution were due to soil characters (pH, Calcium, Magnesium, Phosphorus, Nitrogen, Sodium, Potassium, silt percent, clay and loam in soil tissue, cation exchange capacity, EC) and environmental conditions during former years. The first and second RDA axes described 64% of variations in the weed populations affected by climatic factors. Winter wild oat (*Avena ludoviciana* L.), ryegrass (*Lolium rigidum* Gaud.), wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) and canary seed

---

1, 2, 3 and 4- Research Instructor, Agricultural and Natural Resources Research Center of Kermanshah, Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tehran University, Associate Professor, Weed Research Section Research, Institute of plant protection Tehran and Assistant professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tehran University, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: movassi2002@yahoo.com)

(*Phalaris brachystacys* Link.) in areas of high temperature and low altitude, had a wide distribution. High evaporation increased wild barely (*Hordeum spontaneum* C. Koch.), Corn cleavers (*Galium tricornutum* Dandy.) and Vetch (*Vicia assyriaca* Boiss.) density during last decade. Where the soil nitrogen and phosphorus rates were high, Wild barely (*Hordeum spontaneum* C. Koch.) density was found frequently in wheat fields of Kermanshah. In the wheat fields of Kermanshah, Bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) and wild safflower (*Carthamus oxyacantha* M. B.) were more abundant in clay soils. High Corn cleaver (*Galium tricornutum* Dandy.) density was found in alkaloid and sandy soils.

Conclusion

Generally predict that if the temperature rise over the next few years, weed density and abundance of wild oat, ryegrass and wild mustard will be increased in irrigated wheat fields.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the project by agricultural Research education and extension organization and College of Agriculture and Natural Resources, Tehran University.

Keywords: Canonical correlation analysis (CCA), Evaporation, Frequency

References

Hassannejad, S., and Pourhaydar Ghafarbi, S. 2013. Effect of environmental factors on weed species distribution. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 3(4): 355-360.

Legendre, P., and Legendre, L. 1998. Numerical Ecology. Second edition. Amsterdam, Elsevier p. 853.

Lososova, Z., Chytry, M., Cimalova, S., Kropac, Z., Otypkova, Z., Pysek, P., and Tichy, L. 2004. Weed vegetation of arable land in Central Europe: Gradients of diversity and species composition. Journal of Vegetation Science 15: 415-422.

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 226-212

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 212-226

بررسی تنوع زیستی محصولات زراعی و باغی استان اصفهان

نسیبه پورقاسمیان[1] و روح اله مرادی[1*]

تاریخ دریافت: 1393/04/31
تاریخ پذیرش: 1393/08/07

پورقاسمیان، ن.، و مرادی، ر. 1395. بررسی تنوع زیستی محصولات زراعی و باغی استان اصفهان. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 226-212.

چکیده

شاخص‌های تنوع زیستی ابزاری نیرومند برای ارزیابی پایداری نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شوند. در این تحقیق که به منظور ارزیابی تنوع زیستی محصولات زراعی و باغی شهرستان‌های استان اصفهان و همچنین بررسی روابط موجود بین تنوع زیستی و عوامل اقلیمی این استان صورت گرفت، سطح زیر کشت، غنای گونه‌ای، یکنواختی، تنوع گونه‌ای و تنوع آلفا و بتای محصولات زراعی و باغی محاسبه شده و مورد ارزیابی قرار گرفتند. بدین منظور، اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت گیاهان زراعی و باغی شهرستان‌های مختلف استان اصفهان در سال زراعی 92-1391 از طریق اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان و همچنین پرسشنامه‌هایی جمع‌آوری گردید. محصولات زراعی به هشت گروه غلات، حبوبات، جالیزی، سبزیجات، علوفه‌ای، صنعتی و دارویی و محصولات باغی به دو گروه درختان میوه معتدله و گرمسیری طبقه‌بندی شدند. تنوع آلفا و بتا نیز با استفاده از رابطه غنای گونه‌ای مساحت برای اقلیم‌های مختلف استان محاسبه شد. نتایج نشان داد که در گروه محصولات باغی، درختان میوه معتدله (76/2 درصد) بیشترین و در گروه محصولات زراعی غلات (59/36 درصد) و گیاهان دارویی (1/09 درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین سطح زیر کشت را دارا هستند. شهرستان‌های سمیرم و برخوار و میمه به ترتیب بیشترین و کمترین سطح زیر کشت محصولات باغی را به خود اختصاص دادند. بیشترین سطح زیر کشت محصولات زراعی در شهرستان اصفهان و کمترین آن در شهرستان خوروبیابانک مشاهده شد. شهرستان‌های کاشان، لنجان، و نطنز با 17 گونه گیاهی، بیشترین و آران و بیدگل با سه گونه گیاهی کمترین غنای گونه‌ای محصولات باغی استان را در برداشتند. بیشترین و کمترین شاخص یکنواختی محصولات باغی به ترتیب مربوط به شهرستان‌های اصفهان (0/83) و سمیرم (0/192) بود. شهرستان‌های فلاورجان، خمینی‌شهر، کاشان، نایین و نجف‌آباد دارای بیشترین شاخص یکنواختی در محصولات زراعی و شهرستان اصفهان کمترین میزان این شاخص را نشان داد. به طور میانگین بیشترین و کمترین شاخص تنوع زیستی شانون- وینر در محصولات زراعی به ترتیب مربوط به گیاهان علوفه‌ای (0/929) و جالیزی (0/442) بود. این شاخص برای درختان معتدله بیش از دو برابر درختان گرمسیری گزارش شد. بیشترین و کمترین میزان تنوع آلفا به ترتیب در شهرستان‌های واقع در اقلیم‌های معتدل و بیابانی گرم مشاهده شد. اقلیم بیابانی معتدل نیز بالاترین میزان تنوع بتا را شامل شد.

واژه‌های کلیدی: تنوع آلفا، تنوع بتا، شاخص شانون، شاخص یکنواختی، غنای گونه‌ای

مقدمه

کارکرد بوم‌نظام‌های زراعی در جهت افزایش تولیدات کشاورزی برنامه‌ریزی می‌شوند و تولیدشان بر مبنای میزان مصرف نهاده‌های خارجی استوار است (Altieri, 1999)، بنابراین اتکا این سیستم‌ها به نهاده‌های خارجی و عدم استفاده صحیح از روابط درونی بوم‌نظام از دلایل اصلی ناپایداری بوم‌نظام‌های زراعی در مقایسه با بوم‌نظام‌های طبیعی می‌باشد (Yunlong & Smit, 1994; Gliessman, 1992). استفاده طولانی‌مدت از نهاده‌های خارجی و حذف بقایای گیاهی در سیستم‌های کشاورزی فشرده سبب کاهش مواد آلی خاک و به دنبال آن کاهش تنوع زیستی می‌شود (Young- Mathews et al., 2020). تنوع زیستی در بوم‌نظام زراعی شامل تعداد گونه‌ها و واریته-های کاشته شده و همچنین گونه‌های وحشی وابسته به گونه‌های

1- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: r.moradi@uk.ac.ir)

اهلی آن است. اثرات متقابل بین منابع ژنتیکی گیاهی، عملیات مدیریت، عوامل زنده و غیرزنده محیطی سبب پیدایش تنوع کشاورزی در بوم‌نظام‌های زراعی می‌گردد (Conway, 1987). به عبارت دیگر، کشاورزان با استفاده از عملیات‌های مدیریتی از منابع ژنتیکی و منابع آب و خاک و موجودات زنده برای کسب حداکثر عملکرد و بازده استفاده می‌کنند (Almekinders et al., 1995). تنوع زیستی از طریق چرخه مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز سبب افزایش مقاومت در پاسخ به نوسانات محیطی و به دنبال آن ثبات و پایداری بیشتر بوم‌نظام‌های زراعی می‌شود (Altieri, 1999).

وجود رابطه مستقیم بین تنوع زیستی بوم‌نظام‌های زراعی با نوع سیستم‌های کشاورزی به اثبات رسیده است (Benton et al., 2003). به عبارتی امروزه نوع عملیات زراعی و مدیریتی به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده تنوع زیستی در سطح جهان شناخته شده است. به عنوان مثال، استفاده از واریته‌های اصلاح شده سبب از بین رفتن حدود 90 درصد از واریته‌های محلی در سراسر جهان و به دنبال آن کاهش تنوع زیستی بوم‌نظام‌های کشاورزی شده است. از این‌رو، مطالعه و حفاظت از تنوع زیستی کشاورزی در سال‌های اخیر مورد توجه بوم‌شناسان کشاورزی بوده و هست (Koocheki et al., 2004c). با این وجود، کشاورزی صنعتی، گسترش نظام‌های تک-کشتی و گرایش در استفاده از واریته‌های پرمحصول با تنوع ژنتیکی پایین، اگرچه عملکرد کوتاه‌مدت را افزایش می‌دهد، ولی پایداری درازمدت و کارکرد مطلوب بوم‌نظام‌های زراعی را با خطر جدی رو به رو خواهد کرد (Picasso et al., 2008).

فعالیت‌های انسان در زمینه‌های مختلف صنعتی، اقتصادی، کشاورزی و ... در تخریب و آسیب به زیستگاه‌های طبیعی بر کسی پوشیده نیست، از این بین سهم فعالیت‌های کشاورزی در از بین بردن تنوع زیستی و به دنبال آن تخریب زیستگاه‌های طبیعی و مصنوعی بیش از 50 درصد برآورد شده است (Hiltoln- Taylor, 2000). با این‌حال، اکثر تحقیقات و مطالعات انجام شده در زمینه اندازه‌گیری تنوع زیستی در نظام‌های طبیعی صورت گرفته و تحقیقات نسبتاً کمی به اندازه‌گیری و بررسی نقش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی پرداخته‌اند (Nassiri Mahallati, 2005; Koocheki et al., 2004a, c; Koocheki et al., 2011).

استان اصفهان یکی از استان‌های مهم کشور در زمینه تولید محصولات زراعی و باغی و دامی می‌باشد. به طوری‌که، این استان با دارا بودن 80526 هکتار، 3/14 درصد از کل سطح زیر کشت محصولات باغی کشور را شامل شده و از این لحاظ رتبه هشتم را در بین استان‌های کشور دارا می‌باشد. همچنین، با دارا بودن حدود 6/5 درصد از کل تولید محصولات زراعی کشور، رتبه چهارم در تولید این محصولات را شامل می‌گردد (Isfahan Ministry of Agriculture, 2014). با این وجود، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در زمینه بررسی تنوع محصولات کشاورزی در مناطق مختلف این استان انجام نگرفته است. بنابراین این تحقیق با هدف ارزیابی تنوع زیستی گیاهان زراعی و باغی استان اصفهان بر مبنای شاخص‌های کمی تنوع و همچنین بررسی روابط موجود بین تنوع زیستی و عوامل اقلیمی این استان صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری اطلاعات

این تحقیق در استان اصفهان که با مساحتی برابر با 105937 کیلومترمربع در غرب فلات مرکزی ایران و بین 30 درجه و 43 دقیقه تا 34 درجه و 27 دقیقه عرض شمالی و 49 درجه و 36 دقیقه تا 55 درجه و 31 دقیقه طول شرقی قرار دارد (Anonymous, 2014) انجام شد. داده‌های مورد نیاز برای این تحقیق از شهرستان‌های مختلف استان اصفهان شامل اردستان، اصفهان، آران و بیدگل، برخوار، تیران، چادگان، خمینی شهر، خوانسار، خور و بیابانک، دهاقان، سمیرم، شاهین شهر، شهررضا، فریدن، فریدون شهر، فلاورجان، کاشان، گلپایگان، لنجان، مبارکه، نایین، نجف‌آباد و نطنز در سال 1393جمع‌آوری گردید. همچنین گیاهان زراعی به هفت گروه شامل: غلات، حبوبات، محصولات جالیزی، سبزیجات، نباتات علوفه‌ای، نباتات صنعتی و گیاهان دارویی و گیاهان باغی به دو گروه شامل: درختان میوه معتدله و درختان میوه گرمسیری تقسیم شدند.

اطلاعات مربوط به هر شهرستان (سال زراعی 92-1391) از طریق پرسشنامه‌هایی که به همین منظور تدوین شده بود و نیز از طریق مصاحبه‌های موردی با مسئولین مربوطه ثبت گردید. همچنین بخشی از اطلاعات از آمارنامه‌های سازمان جهاد کشاورزی استان و کشور استخراج گردید (MAJ, 2014).

تجزیه و تحلیل اطلاعات و تعیین شاخص‌های تنوع زیستی کشاورزی

پس از استخراج داده‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها، غنای گونه‌ای با

شمارش تعداد گونه‌های زراعی و باغی در هر شهرستان تعیین گردید. برای ارزیابی تنوع گونه‌ای از شاخص تنوع گونه‌ای شانون- وینر (H') که بر اساس غنای گونه‌ای و فراوانی نسبی گونه‌ها می‌باشد، طبق معادله (1) استفاده شد (Shannon & Weaver, 1949). این شاخص، برآورد مناسبی از میزان تنوع ارائه داده و علاوه بر غنای گونه‌ای تعداد افراد گونه را نیز در بر می‌گیرد. و به عبارتی شاخص توزیع افراد بین گونه‌ها را هم مد نظر قرار می‌دهد و از 5-0 متغیر است (Ejtehadi et al., 2008).

$$H' = -\sum \frac{n_i}{N} \times \ln \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

که در این معادله، H': شاخص شانون- وینر ($H \geq 0$)، n_i: تعداد افراد (یا مقدار زیست‌توده) هر گونه (i امین گونه)، N: تعداد کل افراد (بیوماس کل) در یک منطقه و $\frac{n_i}{N}$: نسبت یا فراوانی نسبی یک گونه می‌باشد.

در این مطالعه جهت محاسبه شاخص تنوع شانون- وینر، مقدار $\frac{n_i}{N}$ برای محصولات زراعی و باغی به صورت سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در هر گروه مورد مطالعه به کل سطح زیر کشت در سال زراعی 92-1391 برای هر شهرستان از طریق معادله (2) محاسبه گردید (Shannon & Weaver, 1949).

$$H = -\sum p_i \times \ln p_i \quad (2)$$

در این معادله، p_i: سهم iامین گونه محصول مورد مطالعه (برای مثال، سطح زیر کشت گندم در یک شهرستان) از کل سطح زیر کشت آن نوع محصول (به عنوان مثال، سطح زیر کشت غلات در یک شهرستان) می‌باشد. برای ارزیابی شاخص کل محصولات زراعی و باغی، کلیه محصولات دخیل در هر گروه در نظر گرفته شد.

همچنین برای بررسی چگونگی پراکندگی بین گروه‌های مختلف و همچنین کل محصولات در سطح شهرستان از شاخص یکنواختی[1] استفاده شد (Gosselin, 2006)، که با معلوم بودن شاخص شانون از طریق معادله (3) محاسبه شد (Ejtehadi et al., 2008).

$$J = \frac{H}{\ln S} \quad (3)$$

که در این معادله، J: شاخص یکنواختی، H: شاخص تنوع شانون- وینر و S: تعداد گونه‌ها (یا سطح زیر کشت گونه‌های گیاهی) می‌باشد. این شاخص معیاری از شدت یکنواختی توزیع تعداد یا سطح زیر کشت گونه‌های گیاهی موجود در گروه‌های مختلف محصولات کشاورزی بوده و مقدار آن مساوی یا کوچکتر از یک می‌باشد. هر چه میزان J به یک نزدیک‌تر باشد، به معنی یکنواختی بیشتر سطح زیر کشت گونه‌های یک محصول (به عنوان مثال گونه‌های مختلف غلات از قبیل جو، گندم، برنج و ...) و هر چه به صفر نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده غالبیت یک محصول (مثلاً گندم در غلات) می‌باشد (Ejtehadi et al., 2008).

برای اندازه‌گیری تنوع آلفا و بتا از رابطه غنای گونه‌ای و مساحت[2] (Preston, 1962) بر اساس معادله (4) استفاده شد.

$$S = C \times A^z \quad (4)$$

معادله (4) را می‌توان با تبدیل لگاریتمی به صورت خطی بیان کرد (معادله 5):

$$LogS = LogC + Z \times LogA \quad (5)$$

که در این معادله، S: غنای گونه‌ای و A: مساحت منطقه می‌باشد. C و Z: ضرایب ثابت بوده که به ترتیب بیانگر تعداد گونه‌ها یا غنای گونه‌ای در کوچکترین مساحت یا به عبارتی منطقه اولیه و سرعت افزایش غنای گونه‌ای با افزایش مساحت می‌باشند. عرض از مبدأ معادله (5) یعنی C، بیانگر تنوع آلفا و شیب معادله (Z) بیان‌کننده تنوع بتا می‌باشد. اطلاعات اقلیمی مربوط به درجه حرارت و بارندگی برای مناطق مختلف استان اصفهان در سال 1390 استخراج (Anonymouse, 2013) و بر اساس تقسیم‌بندی آمبرژه (Alizadeh et al., 2002) این استان به چهار اقلیم بیابانی گرم (شامل شهرستان‌های اردستان، اصفهان، اران و بیدگل، تیران، خور و بیابانک، سمیرم، کاشان، نایین و نطنز)، بیابانی معتدل (شامل شهرستان‌های برخوار، خمینی شهر، خوانسار، شاهین شهر، فریدون، گلپایگان، نجف-آباد)، خشک سرد (شامل شهرستان‌های دهاقان، شهررضا، لنجان و مبارکه) و معتدل (شامل شهرستان‌های چادگان، فریدونشهر و فلاورجان) تقسیم‌بندی شد و مقایسه تنوع آلفا و بتا در میان کل گونه‌های زراعی و باغی این چهار منطقه آب و هوایی انجام شد. بدین منظور غنای گونه‌ای شهرستان‌ها به عنوان C و مساحت هر استان به عنوان A منظور شد و معادله مورد نظر برازش داده شد.

1- Evenness index

2- Species- area relationship

جدول 1- سطح زیر کشت، غنای گونه‌ای و گونه غالب در محصولات مختلف کشاورزی استان اصفهان
Table 1- Planting area, species richness and **dominant species of different agricultural productions in Isfahan province**

شهرستان Region	گیاهان زراعی Crops			گیاهان باغی Horticultural plants		
	غنای گونه‌ای Species richness	گونه غالب Dominant species	سطح زیر کشت (هکتار) Planting area (ha)	غنای گونه‌ای Species richness	گونه غالب Dominant species	سطح زیر کشت (هکتار) Planting area (ha)
اردستان Ardestan	29	جو Barley	13429	13	انار Pomegranate	5559.3
اصفهان Isfahan	29	گندم Wheat	53251.6	16	انار Pomegranate	2786.3
آران و بیدگل Aranobidgol	22	جو Barley	10481.7	3	پسته Pistachio	2303
برخوار میمه Borkharomeymeh	22	گندم Wheat	14324	14	انگور Grapes	761
تیران Tiran	21	گندم Wheat	4329.7	15	بادام Almond	4595.5
چادگان Chadegan	18	گندم Wheat	17487.5	11	بادام Almond	1051.3
خمینی شهر Khomenishahr	20	سیب زمینی Potato	3322.5	13	گلابی Pear	1685
خوانسار Khansar	15	گندم Wheat	2367.6	12	گردو Walnut	2130.5
خور و بیابانک Khorobiabanak	11	جو Barley	1082	8	خرما Date	860
دهاقان Dehaghan	15	گندم-جو Wheat-barley	5165	13	انگور Grapes	1546
سمیرم Semirum	16	گندم Wheat	21825	11	سیب Apple	23535.2
شاهین شهر Shahinshahr	22	گندم Wheat	13375	14	پسته Pistachio	1714
شاهین شهر Shahinshahr	22	گندم Wheat	13375	14	انار Pomegranate	3611
فریدن Fereidan	20	گندم Wheat	25982	11	بادام Almond	1767
فریدونشهر Fereidonshahr	15	گندم Wheat	11994	10	بادام Almond	1899.7
فلاورجان Felavarjan	15	گندم-برنج Wheat-rice	8883	9	هلو Peach	1621.4
کاشان Kashan	26	جو Barley	8001.1	17	انار Pomegranate	6073.4
گلپایگان Golpayegan	24	جو- یونجه Barley-alfalfa	17411	12	بادام Almond	1152.5
لنجان Lenjan	19	برنج Rice	4074.2	17	بادام Almond	2594.1
مبارکه Mobarakeh	24	جو Barley	11189.8	15	انگور Grapes	1385
نایین Naien	15	گندم Wheat	1132	10	پسته Pistachio	1276.7
نجف‌آباد Najafabad	21	گندم Wheat	3624.5	14	بادام Almond	2772.8
نطنز Natanz	19	جو Barley	5918	17	انار Pomegranate	4371.8

جدول 2- درصد سطح زیر کشت محصولات مختلف کشاورزی در مناطق مختلف استان اصفهان

Table 2- The percent of planting area of **different agricultural productions in different regions of Isfahan province**

شهرستان Region	گیاهان باغی Horticultural plants		گیاهان زراعی Crops						
	گرمسیری Tropical	معتدله Temperate	دارویی Medicinal	صنعتی Industrial	علوفه‌ای Forage	سبزیجات Vegetable	جالیزی Vine	حبوبات Pulses	غلات Cereal
اردستان Ardestan	23.449	2.121	1.217	4.865	5.438	1.033	12.665	3.502	5.310
اصفهان Isfahan	7.549	2.382	1.305	34.409	19.89	12.193	13.225	0.000	21.75
آران و بیدگل Aranobidgol	12.514	0.000	2.790	9.275	2.421	0.714	22.079	0.000	4.095
برخوار میمه Borkharomeymeh	1.701	0.764	0.473	10.205	7.066	0.814	17.489	0.000	5.035
تیران Tiran	0.372	7.719	1.478	0.086	2.673	1.056	0.171	2.124	1.440
چادگان Chadegan	0.000	1.793	0.118	0.162	4.485	9.482	1.712	7.693	7.309
خمینی شهر Khomenishahr	0.168	2.820	0.017	2.443	1.353	3.940	1.867	0.115	0.737
خوانسار Khansar	0.000	3.633	0.105	0.086	1.463	0.461	0.000	0.086	0.879
خور و بیابانک Khorobiabank	4.537	0.043	2.198	0.076	0.329	0.077	0.000	0.000	0.503
دهاقان Dehaghan	1.842	2.058	0.085	0.141	1.166	0.551	0.794	6.889	2.311
سمیرم Semirum	0.000	40.129	0.406	10.010	3.702	10.377	0.078	48.797	7.402
شاهین شهر Shahinshahr	4.554	1.494	2.841	8.886	5.865	1.133	3.407	0.000	5.410
شهرضا Shahreza	8.765	3.407	0.000	4.302	4.156	0.376	4.466	3.559	4.747
فریدن Fereidan	0.000	3.013	0.338	2.605	8.700	25.139	1.478	10.357	8.308
فریدونشهر Fereidonshar	0.000	3.239	0.440	0.043	4.153	9.255	0.218	9.989	3.967
فلاورجان Felavarjan	0.337	2.659	0.203	0.000	3.569	9.620	2.209	0.287	2.624
کاشان Kashan	15.937	5.355	59.692	6.540	1.036	5.499	7.422	2.641	1.818
گلپایگان Golpayegan	0.027	1.957	0.609	2.476	13.81	0.964	0.825	3.445	5.497
لنجان Lenjan	0.496	4.267	0.007	0.335	0.781	0.572	0.778	0.057	2.124
مبارکه Mobarakeh	0.571	2.182	14.704	1.676	2.955	3.840	0.000	0.459	4.935
نایین Naien	3.536	1.067	2.029	1.189	0.198	0.357	0.047	0.000	0.472
نجف آباد Najafabad	3.732	3.557	2.418	0.005	2.791	1.732	1.696	0.000	0.887
نطنز Natanz	9.913	4.344	6.527	0.184	1.997	0.814	7.375	0.000	2.436
کل Total	23.884	76.116	1.097	3.431	20.83	9.657	2.383	3.230	59.36

لازم به ذکر است که غنای گونه‌ای و مساحت منطقـه در سـطح شهرستان‌ها به صورت تجمعی محاسـبه گردیـد و تعـداد گونـه‌هـای مشترک و غیر مشترک در محاسبه غنای گونه‌ای منظور شد.

نتایج و بحث

سطح زیر کشـت: بیشـترین و کمتـرین سـطح زیـر کشـت محصولات باغی در استان اصفهان به ترتیب متعلق به سمیرم با حدود 23535 هکتار و برخوار و میمه باحدود 761 هکتـار بـود (جـدول 1). محصولات باغی به دو گروه درختان میوه معتدله و گرمسیری تقسیم شدند، که درختـان معتدلـه 76/2 درصـد از کـل سـطح زیـر کشـت محصولات باغی در سطح استان را به خود اختصاص داد (جدول 2).

کمتر از نیمی (40/2 درصد) از درختان میوه معتدله در شهرستان سمیرم کشت می‌شوند که البته بیشترین سهم سطح زیر کشت آن‌هـا متعلق به درخت سیب است (جدول‌هـای 1 و 2). ایـن شهرسـتان بـا توجه به غالبیت درخت سـیب کمتـرین میـزان یکنـواختی را در بـین شهرستان‌های استان داشت (جدول 4). شهرستان‌های آران و بیـدگل (صفر درصد)، برخوار و میمه (0/76 درصد) و خـور و بیابانـک (0/04 درصد) در کل کمتر از یک درصد از کشت درختان معتدلـه را شـامل شدند (جدول 2). در شهرستان‌های چادگان، خوانسار، سمیرم، فریدن و فریدونشهر درختان گرمسیری وجـود نداشـت (جـدول 2). حـدود 50 درصـد از درختـان گرمسـیری در شهرسـتان‌هـای اردسـتان (23/44 درصد)، آران و بیدگل (12/51 درصد) و کاشان (15/93 درصد) کشت شدند (جدول 2).

در مورد محصولات زراعـی، شهرسـتان‌هـای اصـفهان و خـور و بیابانک به ترتیب بیشترین و کمترین سطح زیر کشـت را در اسـتان داشتند (جدول 1). در بین محصولات زراعی مختلف استان، غلات با حدود 59 درصد، بیشترین سطح زیر کشت گیاهان زراعـی اسـتان را داشتند (جدول 2). در بین شهرستان‌های مختلف نیز اصفهان، فریدن، سمیرم و چادگان به ترتیب بیشترین سطح زیر کشت غلات را به خود اختصاص دادند به نحوی که بیش از 50 درصد از سطح زیـر کشـت غلات را در این شهرستان‌ها وجود داشت. کمترین سطح زیـر کشـت غلات نیز به ترتیب در شهرستان‌های نائین، خورو بیابانک، خمینـی-شهر، خوانسار و نجف‌آباد مشاهده شد (جدول 2). بـا توجـه بـه ایـن آمارها، غلات نظام غالب کشت در استان اصفهان می‌باشند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) نیز در مطالعه‌ای که در سال زراعی 87-1386 در ارتباط با محصولات زراعـی کـل ایـران انجـام دادند، غلات را با حدود 56 درصد از کل سطح زیر کشت کشـور بـه عنوان نظام غالب کشت در ایـران معرفـی نمودنـد. بـاجوا (Bajwa, 1995) و آلتری (Altieri, 1999) غالبیت این نظام کشـتی را بـرای اراضی کشاورزی کل جهان به اثبات رساندند.

پس از غلات بیشترین سطح زیر کشت متعلق به نباتات علوفه‌ای با حدود 20 درصد سـطح زیـر کشـت بـود (جـدول 2). اسـتان‌هـای اصفهان، گلپایگان و فریدن به ترتیب با 19/89، 13/81 و 8/7 درصد کمترین سطح زیر کشت نباتات علوفه‌ای را شامل شدند (جدول 2).

گیاهان دارویی با حدود یک درصد سطح زیـر کشـت کمتـرین سهم را در نظام زراعی استان داشتند، که از این بین کاشان با 59/69 و مبارکه با 14/7 درصد بیشترین سطح زیر کشت گیاهان دارویـی را شامل شدند. کمترین سطح زیر کشت این گیاهان در شهرستان‌هـای شهرضا (صفر 0/007 درصد)، خمینی شهر (0/017 درصد) و دهاقـان (0/085 درصد) قرار داشت (جدول 2). 20 درصد باقیمانده متعلق بـه مابقی گیاهان زراعی استان (حبوبات، محصولات جالیزی، سبزیجات و نباتات صنعتی) بود (جدول 2).

لازم به ذکر است که در 14 شهرستان از اسـتان اصـفهان گنـدم (*Triticum aestivum* L.) گونه زراعی غالب بود. جـو (*Hordeum vulgare* L.) در هفت شهرسـتان، بـرنج (*Oryza sativa* L.) در دو شهرسـتان و یونجــه (*Medicago sativa* L.) و سـیب‌زمینـی (*Solanum tuberosum* L.) در یک شهرسـتان گونـه‌هـای زراعـی غالب بودند (جدول 1). این مسئله گویای تمایل و همچنـین امکـان کشت بیشتر گندم و جو نسبت به بقیه محصولات زراعـی در اسـتان اصفهان است. همچنین محققان دیگر نیز به وجـود دو نظـام غالـب زراعی در ایران که بر پایه کشت گندم و برنج است تأکیـد کـرده‌انـد. کشت گندم به عنوان نظام اصلی غالب و کشت برنج به عنوان نظـام غالب در مناطق شـمالی کشـور ذکـر شـده‌انـد (Koocheki et al., 2004b). در ارتباط با محصولات بـاغی نیـز گونـه غالـب در هفـت شهرستان از 23 شهرستان بادام (*Prunus dulcis* Mill.) بـود. انـار (*Punica granatum* L.) در پنج شهرستان، پسته (*Pistacia vera* L.) در سه شهرستان و انگور (*Vitis vinifera* L.) در دو شهرسـتان گونه غالب را به خود اختصاص دادنـد. گلابـی (*Pyrus communis*

L.)، گردو (*Juglans regia* L.)، خرما (*Phoenix dactylifera* L.)، سیب (*Malus domestica* L.) و هلو (*Prunus persica* L.) به ترتیب در شهرستان‌های خمینی‌شهر، خوانسار، خوروبیابانک، سمیرم و فلاورجان جزء گونه‌های غالب بودند (جدول 1).

غنای گونه‌ای و یکنواختی: غنای گونه‌ای محصولات باغی مختلف در شهرستان‌های استان اصفهان گویای این واقعیت است که کاشان، لنجان و نطنز با 17 گونه، اصفهان با 16 و مبارکه و تیران با 15 گونه گیاهی بیشترین و آران و بیدگل با سه گونه گیاهی کمترین فراوانی گونه‌ای را بین کلیه محصولات باغی استان دارا بودند (جدول 1). در محصولات زراعی شهرستان‌های اردستان و اصفهان با 29 گونه و شهرضا و کاشان با 26 گونه دارای بیشترین غنای گونه‌ای و شهرستان خور و بیابانک با 11 گونه کمترین تعداد گونه را دارا بودند. تنوع اقلیمی و تنوع در خصوصیات خاک اساس ایجاد تنوع در نظام-های زراعی هستند (Oldfield & Alcorn, 1987). شاید غنای گونه‌ای بالای محصولات زراعی و باغی در شهرستان‌های ذکر شده ناشی از تنوع اقلیمی بالا در این شهرستان‌ها باشد. با بررسی اقلیم شهرستان‌های مختلف استان اصفهان می‌توان دریافت که شهرستان اصفهان از اطراف با چهار اقلیم مختلف (سرد و خشک، معتدل، بیابانی معتدل و بیابانی گرم) احاطه شده است، در حالی‌که آران و بیدگل با کمترین غنای گونه‌ای در سطح استان تنها تحت تأثیر اقلیم بیابانی گرم است. بنابراین، تنوع اقلیم و خاک به محصولات بیشتری اجازه رشد در یک منطقه را می‌دهد. در نتیجه ریسک تولید برای زارعین در شرایط محیطی متغیر و غیرقابل پیش‌بینی کاهش می‌یابد و چنان‌چه در تولید یکی از محصولات زراعی مشکل ایجاد شود، سایر محصولات آن را جبران خواهند نمود. به عبارتی، بوم‌نظام کشاورزی به سمت پایداری بیشتر حرکت خواهد کرد (Gliessman, 1995). تنوع گونه‌ای یکی از ویژگی‌های یک جامعه زیستی است، به عبارتی یکی از سطوح تنوع زیستی تنوع گونه‌ای است. با این حال، در یک نظام زیستی تنوع گونه‌ای تنها به وسیله تعداد گونه تعیین نمی‌شود و یکنواختی گونه‌ای هم یکی از اجزا اصلی تنوع گونه‌ای محسوب می-شود (Maguran, 1996). محاسبه شاخص یکنواختی محصولات باغی در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان نشان داد که بیشترین و کمترین یکنواختی به ترتیب مربوط به شهرستان‌های اصفهان (0/830) و سمیرم (0/192) است (جدول 3). تفاوت در میانگین شاخص یکنواختی درختان معتدله و گرمسیری حدود 0/1 بود.

شاخص یکنواختی محصولات زراعی در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان نشان داد که بیشترین میزان این شاخص به ترتیب مربوط به شهرستان‌های فلاورجان، خمینی‌شهر، کاشان، نائین و نجف‌آباد بود. مقدار این شاخص برای شهرستان‌های ذکر شده در محدوده 0/7 تا 0/8 بود. کمترین مقدار این شاخص به شهرستان اصفهان (0/513) تعلق گرفت (جدول 3). پایین بودن شاخص یکنواختی، غالبیت محصول خاصی را بیان می‌کند. هر چه یکنواختی گونه‌ای بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که سطح زیر کشت گونه-های گیاهی یکنواخت‌تر بوده و غالبیت یک یا چند گونه کاهش می-یابد (Koocheki et al., 2011). به عنوان مثال، در شهرستان اصفهان کمترین میزان شاخص یکنواختی در گیاهان زراعی به دست آمد. این در حالی است که حدود 80 درصد سطح زیر کشت غلات متعلق به گندم، بیش از 50 درصد سبزیجات مربوط به پیاز (*Allium cepa* L.)، بیش از 50 درصد نباتات علوفه‌ای متعلق به یونجه و ....، به طور میانگین در هر گروه گیاهان زراعی 50 درصد سطح زیر کشت متعلق به یکی از محصولات است (اعداد نشان داده نشده است). بنابراین با وجود این‌که این شهرستان بیشترین غنای گونه‌ای و بیشترین سطح زیر کشت گیاهان زراعی را دارا بود ولی کمترین یکنواختی را نشان داد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2004c) در بررسی تنوع ارقام در بین گیاهان زراعی ایران، پایین بودن شاخص یکنواختی ارقام یونجه در کشور را به دلیل غالبیت رقم‌های خاصی از این محصول دانستند. میانگین‌های شاخص یکنواختی بین محصولات زراعی مختلف نیز متفاوت بود به طوری‌که بیشترین و کمترین میزان این شاخص به ترتیب برای حبوبات (0/921) و گیاهان صنعتی (0/569) مشاهده شد (جدول 3).

شاخص تنوع شانون- وینر: به طور میانگین شاخص شانون-وینر برای درختان معتدله 1/54 می‌باشد که این رقم تقریباً بیش از دو برابر این شاخص برای درختان گرمسیری (0/65) این استان است (جدول 4). واضح است استان اصفهان شرایط رشد و نمو درختان معتدله را بهتر فراهم می‌کند، بنابراین، تعداد و تنوع درختان معتدله در این اقلیم بیش از درختان گرمسیری است. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) به پایین بودن شاخص شانون- وینر در اکثر محصولات کشاورزی ایران اشاره کرده‌اند.

جدول 3- شاخص یکنواختی گروه‌های مختلف محصولات کشاورزی در شهرستان‌های مختلف استان اصفهان

Table 3- Evenness index of different agricultural productions in different regions of Isfahan province

شهرستان Region	گیاهان باغی Horticultural plants			گیاهان زراعی Crops							
	کل Total	گرمسیری Tropical	معتدله Temperate	کل Total	دارویی Medicinal	صنعتی Industrial	علوفه‌ای Forage	سبزیجات Vegetable	جالیزی Vine	حبوبات Pulses	غلات Cereal
اردستان Ardestan	0.570	0.659	0.715	0.614	0.852	0.526	0.570	0.748	0.472	0.871	0.713
اصفهان Isfahan	0.830	0.809	0.842	0.513	0.912	0.697	0.506	0.724	0.810	-	0.347
آران و بیدگل Aranobidgol	0.311	0.311	-	0.616	0.488	0.046	0.792	0.781	0.443	-	0.575
برخوار میمه Borkharomeymeh	0.524	0.738	0.263	0.606	0.797	0.874	0.443	0.997	0.550	-	0.509
تیران Tiran	0.602	0.487	0.653	0.594	0.298	-	0.611	0.561	0.684	0.865	0.489
چادگان Chadegan	0.664	-	0.663	0.564	0.985	-	0.694	0.045	-	0.798	0.926
خمینی شهر Khomenishahr	0.761	0.526	0.818	0.763	-	0.073	0.594	0.549	0.811	-	0.897
خوانسار Khansar	0.646	-	0.645	0.595	0.708	-	0.490	-	-	0.836	0.942
خور و بیابانک Khorobiabank	0.680	0.931	0.744	0.604	0.961	0.863	0.636	-	-	-	0.596
دهاقان Dehaghan	0.742	0.556	0.689	0.594	-	0.961	0.642	0.780	-	-	0.726
سمیرم Semirum	0.196	-	0.196	0.580	0.979	-	0.404	0.008	-	0.825	0.270
شاهین شهر Shahinshahr	0.704	0.656	0.662	0.578	0.996	0.711	0.545	0.789	0.685	-	0.536
شهرضا Shahreza	0.679	0.223	0.750	0.556	-	0.160	0.637	0.780	0.761	0.982	0.724
فریدن Fereidan	0.583	-	0.583	0.620	0.729	0.352	0.733	0.136	-	1.551	0.960
فریدونشهر Fereidonshar	0.539	-	0.538	0.689	-	-	0.728	0.038	-	0.863	0.962
فلاورجان Felavarjan	0.884	-	0.890	0.828	-	-	0.715	0.914	-	-	0.953
کاشان Kashan	0.773	0.567	0.821	0.718	0.342	0.069	0.360	0.751	0.922	0.987	0.636
گلپایگان Golpayegan	0.807	-	0.827	0.537	0.964	0.377	0.493	0.563	0.313	0.566	0.954
لنجان Lenjan	0.638	0.580	0.677	0.544	-	0.872	0.484	0.550	-	-	0.748
مبارکه Mobarakeh	0.610	0.567	0.618	0.647	0.700	0.690	0.535	0.599	-	0.985	0.854
نایین Naien	0.645	0.423	0.564	0.712	0.999	0.850	0.787	0.723	-	-	0.725
نجف آباد Najafabad	0.817	0.673	0.783	.706	0.583	-	0.540	0.738	0.909	-	0.763
نطنز Natanz	0.758	0.391	0.833	0.645	0.659	0.977	0.515	0.794	0.548	-	0.812
میانگین Mean	-	0.569	0.672	-	0.762	0.569	0.585	0.598	0.659	0.921	0.722

جدول 4- شاخص تنوع زیستی شانون محصولات مختلف کشاورزی در مناطق مختلف استان اصفهان

Table 4- Shannon index of different agricultural productions in different regions of Isfahan province

شهرستان Region	گیاهان باغی Horticultural plants			گیاهان زراعی crops							
	کل Total	گرمسیری Tropical	معتدله Temperate	کل Total	دارویی Medicinal	صنعتی Industrial	علوفه‌ای Forage	سبزیجات Vegetable	جالیزی Vine	حبوبات Pulses	غلات Cereal
اردستان Ardestan	1.462	0.724	1.646	2.066	0.591	0.729	1.022	1.204	0.655	1.207	0.989
اصفهان Isfahan	2.302	1.121	2.094	1.727	1.002	1.122	0.908	1.166	1.304	-	0.559
آران و بیدگل Aranobidgol	0.342	0.342	-	1.904	0.677	0.051	1.099	1.083	0.615	-	0.797
برخوار میمه Borkharomeymeh	1.383	0.810	0.632	1.873	0.876	1.407	0.713	0.691	0.604	-	0.705
تیران Tiran	1.630	0.675	1.566	1.808	0.328	Rare*	0.984	0.777	0.474	0.950	0.537
چادگان Chadegan	1.591	-	1.591	1.631	0.683	Rare	1.117	0.049	Rare	0.876	0.642
خمینی شهر Khomenishahr	1.951	0.578	1.883	2.285	Rare	0.050	0.956	0.985	0.562	Rare	0.985
خوانسار Khansar	1.605	-	1.604	1.611	0.491	Rare	0.879	Rare	-	0.579	0.653
خور و بیابانک Khorobiabank	1.415	1.290	1.032	1.448	0.666	0.598	0.699	Rare	-	-	0.654
دهاقان Dehaghan	1.902	0.385	1.654	1.608	Rare	0.666	0.706	1.082	Rare	Rare	0.798
سمیرم Semirum	0.470	-	0.470	1.608	0.679	Rare	0.560	0.006	Rare	0.907	0.187
شاهین شهر Shahinshahr	1.857	0.721	1.588	1.785	0.691	1.144	0.877	1.094	0.475	-	0.743
شهرضا Shahreza	1.793	0.245	1.799	1.811	-	0.222	1.142	1.397	1.055	1.078	0.796
فریدن Fereidan	1.398	-	1.398	1.857	0.801	0.244	1.180	0.189	Rare	1.704	0.665
فریدونشهر Fereidonshar	1.240	-	1.240	1.866	Rare	Rare	1.172	0.026	Rare	0.948	0.666
فلاورجان Felavarjan	1.942	Rare	1.850	2.242	Rare	-	1.151	1.267	Rare	Rare	1.048
کاشان Kashan	2.188	0.913	2.040	2.339	0.376	0.047	0.501	1.562	1.278	0.684	0.698
گلپایگان Golpayegan	2.004	Rare	1.984	1.708	0.668	0.415	0.959	1.008	0.217	0.392	0.661
لنجان Lenjan	1.808	0.934	1.6827	1.601	Rare	0.958	0.943	0.381	Rare	Rare	1.038
مبارکه Mobarakeh	1.653	0.913	1.423	2.055	0.971	0.758	0.959	0.831	-	1.082	1.185
نایین Naien	1.485	0.681	0.907	1.927	0.693	0.934	0.864	1.002	Rare	-	0.796
نجف آباد Najafabad	2.157	0.740	1.879	2.150	0.404	Rare	1.050	1.187	0.999	-	0.839
نطنز Natanz	2.148	0.629	2.070	1.899	0.457	0.677	0.924	0.872	0.602	-	0.892
میانگین Mean	-	0.650	1.547	-	0.503	0.456	0.929	0.777	0.442	0.694	0.762

Rare = اندک

ایشان همچنین بیشترین و کمترین شاخص شانون- وینـر بـین محصولات زراعی و باغی در ایران را به ترتیب مربوط به محصولات

باغی (1/95) و محصولات علوفه‌ای (0/6) دانستند. منگ و همکاران (Meng et al., 1999) مقدار تئوریک شاخص شانون- وینر را برای بوم‌نظام‌های زراعی حداکثر تا سه گزارش کردند.

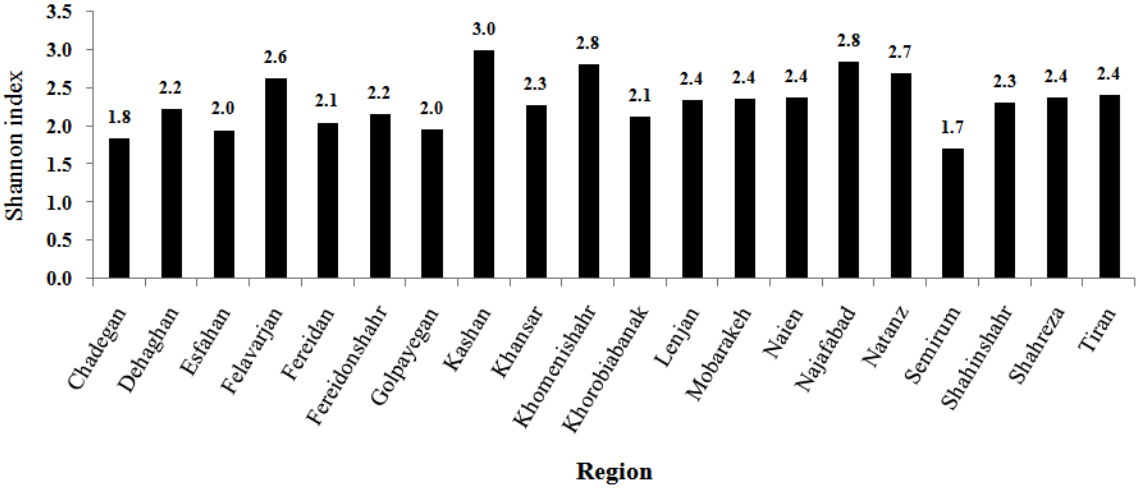
مقدار این شاخص برای محصولات باغی در شهرستان‌های اصفهان (2/302)، کاشان (2/188)، نجف‌آباد (2/157) و نطنز 2/148 بالاتر از بقیه شهرستان‌های استان اصفهان می‌باشد، در حالی‌که کمترین مقدار این شاخص در شهرستان‌های آران و بیدگل (0/342) و سمیرم (0/47) مشاهد شد (جدول 4).

بررسی میانگین شاخص شانون- وینر در بین محصولات زراعی بیانگر برتری این صفت در گیاهان علوفه‌ای (0/929) می‌باشد. کمترین میزان این شاخص در گیاهان جالیزی (0/442) و نباتات صنعتی (0/456) مشاهده شد (جدول 4). بررسی میانگین شاخص تنوع شانون برای گیاهان زراعی در بین شهرستان‌های مختلف استان اصفهان نشان داد که بیشترین تنوع شانون متعلق به شهرستان‌های خمینی‌شهر (2/285)، فلاورجان (2/242)، کاشان (2/339) و نجف‌آباد (2/15) بود (جدول 4). کمترین میزان این صفت نیز متعلق به شهرستان خور و بیابانک با میانگین 1/448 بود. برخی از محققان به وجود همبستگی مثبت و بالا بین شاخص یکنواختی و تنوع شانون اشاره کرده‌اند (Koocheki et al., 2011; Koocheki et al., 2004c). در این تحقیق نیز شهرستان‌هایی که بالاترین تنوع شانون را در مورد گیاهان زراعی داشتند (خمینی‌شهر، فلاورجان، کاشان و نجف‌آباد) از بالاترین یکنواختی نیز بهره‌مند بودند. (جدول‌های 3 و 4).

همچنین کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) در ارزیابی تنوع زیستی سبزیجات در بوم‌نظام‌های زراعی ایران دریافتند که در استان‌های با یکنواختی مشابه، استانی که دارای غنای گونه‌ای بیشتری بود، شاخص تنوع بالاتری را نشان داد و در استان‌هایی با غنای گونه‌ای مشابه، استانی که دارای یکنواختی بیشتری بود از تنوع بیشتری برخوردار بودند. در مطالعه حاضر نیز شهرستان‌های اصفهان و اردستان بیشترین غنای گونه‌ای را داشتند، در حالی‌که شهرستان اردستان به دلیل داشتن یکنواختی بالاتر از شاخص تنوع شانون- وینر بالاتری نیز برخوردار بود.

همچنین نتایج نشان داد که بالاترین میزان تنوع زیستی شانون- وینر در محصولات زراعی مربوط به حبوبات در فریدن و در ارتباط با محصولات باغی در درختان معتدله در شهرستان‌های اصفهان، کاشان و نطنز است.

شاخص تنوع شانون- وینر کل: بررسی میزان شاخص تنوع شانون- وینر کل برای محصولات کشاورزی استان اصفهان نشان داد که میزان این شاخص در شهرستان‌های مختلف بین 1/7 تا 3 متغیر بود (شکل 1). شهرستان‌های کاشان، نجف‌آباد و خمینی شهر به ترتیب با شاخص تنوع 3، 2/84 و 2/81 بالاترین میزان تنوع شانون- وینر را در این استان شامل شدند (شکل 1). از طرفی، کمترین میزان این صفت نیز به ترتیب با 1/7 و 1/8 در شهرستان‌های سمیرم و چادگان به دست آمد.



شکل1- شاخص تنوع زیستی شانون برای کل محصولات کشاورزی در مناطق مختلف استان اصفهان

Fig. 1- Total Shannon index of different agricultural productions in different regions of Isfahan province

از آن‌جایی‌که، میزان شاخص تنوع شانون- وینر از صفر تا پنج متغیر می‌باشد و سطوح بالای تنوع معمولاً در محیط‌های طبیعی مشاهده می‌شود (Ejtehadi et al., 2008). به نظر می‌رسد، استان اصفهان از تنوع زیستی مناسبی برخوردار می‌باشد.

تنوع آلفا و بتا

بررسی میزان شاخص‌های تنوع آلفا و بتا در اقلیم‌های مختلف استان اصفهان نشان داد که شهرستان‌هایی که در اقلیم معتدل و خشک سرد قرار داشتند به ترتیب با 22/41 و 21/25 گونه بیشترین میزان تنوع آلفا را دارا بودند و شهرستان‌های واقع در اقلیم بیابانی گرم کمترین میزان این شاخص را (13/27) شامل شدند (جدول 5). میزان تنوع آلفا برای اقلیم بیابانی معتدل نیز برابر با 19/41 گونه بود. این موضوع خود به خوبی نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که میزان غنای گونه‌ای در مناطق واقع در اقلیم معتدل دارای بیشترین مقدار نسبت به دیگر اقلیم‌های استان اصفهان می‌باشد. به نظر می‌رسد که در این اقلیم به دلیل داشتن ویژگی‌های آب و هوایی معتدل، شرایط کشت و کار گونه‌های گیاهی بیشتری نسبت به دیگر اقلیم‌ها مهیا بوده و در عوض در اقلیم بیابانی گرم به دلیل داشتن شرایط آب و هوایی گرم و بارندگی بسیار کم، تنها گونه‌های گیاهی خاصی قادر به کشت و کار می‌باشند. از طرف دیگر، میزان تنوع بتا که نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که با حرکت از یک شهرستان به شهرستان دیگر در اقلیم‌های مختلف، چه تعداد گونه جدید به غنای گونه‌ای اضافه می‌شود، در اقلیم بیابانی معتدل بیشترین و در اقلیم معتدل کمترین مقدار را شامل شد (جدول 5). این موضوع نشان می‌دهد که در اقلیم‌های بیابانی معتدل و معتدل به ازای حرکت از یک اقلیم به اقلیم دیگر به ترتیب 0/043 و 0/007 گونه جدید به غنای گونه‌ای منطقه اضافه شده است (جدول 5). در مناطق بیابانی گرم و خشک سرد نیز میزان تغییرات غنای گونه‌ای با افزایش مساحت هر اقلیم به ترتیب 0/014 و 0/032 گونه بود. بالا بودن تنوع بتا در اقلیم معتدل نشان می‌دهد که با وجود بالا بودن میزان غنای گونه‌ای (تنوع آلفا) در شهرستان‌های واقع در این اقلیم، هنگامی که از یک شهرستان به شهرستان دیگر حرکت می‌کنیم تنها 0/007 گونه جدید مشاهده می‌شود و به عبارتی در کلیه شهرستان‌های واقع در اقلیم معتدل گونه‌های گیاهی مشابهی کشت و کار می‌گردد، ولی مشاهده گونه‌های جدید یا حرکت در امتداد شهرستان‌های واقع در اقلیم بیابانی معتدل بیشتر از دیگر اقلیم‌ها می‌باشد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2011) نیز با بررسی میزان تنوع آلفا و بتا برای اقلیم‌های مختلف کشور نشان دادند که اقلیم معتدل و مرطوب خزری بیشترین و اقلیم گرم و مرطوب جنوبی کمترین تنوع آلفا را دارا بوده و از طرف دیگر اقلیم گرم و خشک فلات مرکزی ایران و اقلیم معتدل و مرطوب خزری نیز به ترتیب بیشترین و کمترین تنوع بتا را شامل شدند. نصیری و همکاران (Nassiri Mahallati et al., 2005) نیز با مطالعه تنوع آلفا و بتا برای چند استان کشور، بیشترین (1/19) و کمترین (0/43) میزان تنوع آلفا را به ترتیب برای استان‌های گیلان و فارس گزارش کردند. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) نیز با بررسی میزان تنوع آلفا و بتا برای سبزیجات در اقلیم‌های مختلف ایران نشان دادند که در استان‌هایی که از یکنواختی اقلیمی بیشتری برخوردار هستند (ناحیه معتدل و مرطوب شمالی) تنوع آلفا زیاد و تنوع بتا اندک بود. در حالی‌که با افزایش غیریکنواختی اقلیم (ناحیه جنوب کشور) از تنوع آلفا کاسته شده و بر تنوع بتا افزوده شده است.

جدول 5- میزان تنوع آلفا (α) و بتا (β) در اقلیم‌های مختلف استان اصفهان از نظر غنای گونه‌ای محصولات کشاورزی

Table 5- Alpha (α) and Beta (β) diversity index in different climates of Isfahan based on species richness

اقلیم Climate	R^2	Z	C
بیابانی گرم Hot desert	0.93	0.014	13.27
بیابانی معتدل Moderate desert	0.95	0.043	19.41
خشک سرد Cool dry	0.83	0.032	21.25
معتدل Moderate	0.92	0.007	22.41

C و Z ضرایب معادله (5) بوده که C (عرض از مبدأ) به عنوان برآوردی از تنوع آلفا و Z (شیب خط رگرسیون) برآوردی از تنوع بتا و R^2 نیز ضریب همبستگی معادله می‌باشد.

C and Z are equation (5) coefficients which C, Z and R^2 are Alpha diversity, Beta diversity and correlation coefficient of equation, respectively.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که درختان معتدله 76/2 درصد از کل سطح زیر

کشت محصولات باغی در سطح استان را به خود اختصاص دادند. همچنین سمیرم و برخوار و میمه به ترتیب بیشترین و کمترین سطح زیر کشت محصولات باغی را به خود اختصاص دادند. بیش از 50 درصد از سطح زیر کشت محصولات زراعی متعلق به غلات بود. شهرستان‌های کاشان، لنجان، و نطنز با 17 گونه گیاهی، بیشترین و آران و بیدگل با سه گونه گیاهی کمترین غنای گونه‌ای محصولات باغی استان را در برداشتند. بیشترین و کمترین شاخص یکنواختی محصولات باغی به ترتیب مربوط به شهرستان‌های اصفهان (0/83) و سمیرم (0/192) بود. بیشترین شاخص یکنواختی محصولات زراعی در محدوده 0/7 تا 0/8 بود و در شهرستان‌های فلاورجان، خمینی‌شهر، کاشان، نائین و نجف‌آباد مشاهده شد. کمترین میزان آن در شهرستان اصفهان (0/513) بود. شاخص تنوع زیستی شانون- وینر برای محصولات باغی در درختان معتدله بیش از دو برابر گرمسیری است، همچنین بیشترین و کمترین مقدار این شاخص را شهرستان‌های اصفهان و آران و بیدگل دارا بودند. در بین محصولات زراعی بیشترین شاخص تنوع زیستی شانون- وینر در گیاهان علوفه‌ای و کمترین آن در گیاهان جالیزی بود. در بین شهرستان‌های مختلف استان نیز بیشترین تنوع شانون- وینر در محصولات زراعی متعلق به شهرستان‌های خمینی‌شهر (2/285)، فلاورجان (2/242)، کاشان (2/339) و نجف‌آباد (2/15) و کمترین میزان این صفت متعلق به شهرستان خور و بیابانک با میانگین 1/448 می‌باشد. به لحاظ تنوع آلفا و بتا نیز بین شهرستان‌های مختلف استان مشاهده شد که اقلیم معتدل و خشک سرد بیشترین میزان تنوع آلفا و شهرستان‌های واقع در اقلیم بیابانی گرم کمترین میزان این شاخص را شامل شدند همچنین اقلیم بیابانی معتدل و اقلیم معتدل به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار تنوع بتا را نشان دادند.

منابع

Alizade, A., Kamali, G.A., Moosavi, F., and Mosavi, M. 2002. Weather and Climatology. In: Astan, Q.R. (Eds.), Publications. Ferdowsi University of Mashhad, Tehran, Iran. (In Persian)

Almekinders, C., Fresco, L., and Struik, P. 1995. The need to study and manage variation in agro-ecosystems. Netherlands Journal of Agricultural Science 43: 127-142.

Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.

Anonymouse. 2013. Weather and Climatology Organization. http://www.irimo.ir/. [Accessed May 2014]. (In Persian)

Anonymous. 2014. http://ostan-es.ir/Default.aspx?tabid=303. [Accessed May 2014]. (In Persian)

Bajwa, M.A. 1995. Wheat research and production in Pakistan. In: Villarel, L. (Eds.) Wheats for more tropical environments. Proceedings of the International Symposium, CIMMYT, Mexico 68-72.

Benton, T.G., Vickery, J.A., and Wilson, J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key. Trends in Ecology and Evolution 18(4): 182-188.

Conway, G.R. 1987. The properties of agroecosystems. Agricultural Systems 24: 95-117.

Ejtehadi, H., Sepehry, A., and Akkafi, H.R. 2008. Methods of Measuring Biodiversity. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran pp. 2014. (In Persian)

Isfahan Ministry of Agriculture. 2014. http://agri-es.ir. [Accessed Jun 2014]. (In Persian)

Gliessman, S. 1992. Agroecology in the tropics: Achieving a balance between land use and preservation. Environmental Management 16: 681-689.

Gliessman, S.R. 1995. Sustainable agriculture: An agroecological perspective. Advances in Plant Pathology 11: 45-57.

Gosselin, F. 2006. An assessment of the dependence of evenness indices on species richness. Journal of Theoretical Biology 242: 591-597.

Hilton-Taylor, C. 2000. 2000 IUCN Red list of threatened species, IUCN, Gland, Switzerland.

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Nadjafi, F. 2004a. The agrobiodiversity of medicinal and aromatic plants in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 215-208. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Asgharipoor, M.R., and Khodashenas, A. 2004b. Biodiversity of fruits and vegetable in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 2: 79-89. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Jahanbin, G.H., and Zarea, A. 2004c. Diversity of crop cultivars in Iran. Desert

Journal 9: 49-67. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2011. Meta analysis of agrobiodiversity in Iran. Journal of Agroecology 2: 1-16. (In Persian with English Summary)

Maguran, A.E. 1996. Ecological Diversity and its Measurement. Chapman and Hall pp. 184.

MAJ (Ministry of Agriculture of the IR of Iran). Planning and Economics Department, Statistics Bank of Iranian Agriculture; http://www.maj.ir; 2014. [Accessed May 2014]

Meng, E.C., Smale, M., Rozelle, S., Ruifa, H., and Huang, J. 1999. The cost of wheat diversity in China. American Agricultural Economic Association Annual Metting, August 8-11, Nashville, Tennesse.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop species in Iran. Desert 10: 33-50. (In Persian with English Summary)

Oldfield, M.L., and Alcorn, J.B. 1987. Conservation of traditional agroecosystems. Bioscience 37: 199 -208.

Picasso, V.D., Brummer, E.C., Liebman, M., Dixon, P.M., and Wilsey, B.J. 2008. Crop species diversity affects productivity and weed suppression in perennial polycultures under two management strategies. Crop Science 48: 331-342.

Preston, F.W. 1962. The canonical distribution of commonness and rarity: Part I. Ecology 43: 185-215. Shannon, C.E., and Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois, Urbana p. 149.

Young-Mathews, A., Cullman, S.W., Sanchez-Moreno, S., Ogeen, A.T., Ferris, H., Hollander, A.D., and Jackson, L.E. 2010. Plant-soil biodiversity relationships and nutrient retention in agricultural riparian zones of the Sacramento Valley, California. Agroforestry Systems 80: 41-60.

Yunlong, C., and Smit, B. 1994. Sustainability in agriculture: A general review. Agriculture, Ecosystems and Environment 49: 299 -307.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 212-226

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 226-212

Assessing Biodiversity of Agronomical and Horticultural Productions of Isfahan Province

N. Pourghasemian[1] and R. Moradi[1*]
Submitted: 22-07-2014
Accepted: 29-10-2014

Pourghasemian, N., and Moradi, R. 2016. Assessing Biodiversity of Agronomical and Horticultural Productions of Isfahan Province. Journal of Agroecology 8(2): 212-226.

Introduction

Agricultural biodiversity has spatial, temporal and scale dimensions especially at agro-ecosystem levels. These agro-ecosystems that are used for agriculture are determined by three sets of factors: the genetic resources (biodiversity), the physical environment and the human management practices. Most agricultural areas can be returned to their natural landscape after subsequent generations. Studies on spatial patterns of species diversity are fundamental to biological conservation. Agricultural biodiversity is essential to satisfy basic human needs for food and livelihood security and it is active lymanaged by farmers and many components need human interference (Maguran, 1996).

FAO estimates that 75% of crop varieties have been lost during the last 100 years. One third of the 6.500 domestic livestock races are endangered. The genetic erosion of crops and livestocks threatens food security.

Plant diversity of usually evaluated by many indexes of which Shannon index is the most important ones. This index in agroecosystem rarely exists. Koocheki et al. (2004) and Nassiri Mahallati et al. (2005) in comprehensive surveys evaluated agrobiodiversity of agricultural systems at species variety and cropping systems for Iran and they found that the diversity at all levels have been declining due to introduction of new agricultural technology. In consideration to the lack of studies, this study was conducted in order to evaluate the biodiversity of agronomical and horticultural productions in Isfahan province and to assess relation of biodiversity and climate.

Materials and methods

This study was performed for Isfahan province in 2014. For this purpose, 24 regions of the province were selected. Planting area, species richness, species evenness and alpha and beta diversity of different agronomical and horticultural productions were determined. The information about agronomical and horticultural planting area for different regions of Isfahan was gathered. Agronomical crops were classified to seven groups; cereal, pulses, vegetable, forage, industrial crops and medicinal plants and horticultural plant classified into 2 groups; temperate and tropical fruits. The Shannon index was calculated based on the cultivated area as equation 1. For determination of distribution condition of the crops we used from evenness index. Alpha and beta diversity was calculated by spices richness- area equation for different climate of province.

Results and discussion

The result showed that tropical fruits (76.2%) and cereal (59.36%) showed the highest planting area and medicinal plants (1.09%) were included the lowest planting area in Isfahan province. Semirom and Borkharomeymeh regions had the highest and lowest horticultural planting area, respectively. The highest planting area of agronomical products was observed in Isfahan and the lowest amount of the trait was gained in Khorobiabanak. The highest species richness in horticultural plants was in Kashan, Lenjan and Natanz (17 species) regions and the lowest was obtained in Aranobidgol (with three species) regions, respectively. This condition was in line with climate of the regions. Ardestan and Isfahan regions were contained the highest (29 species) and Khorobiabanak had the lowest (11 species) species richness of agronomical plants. The highest and lowest species evenness of horticultural productions was gained in Isfahan (0.83) and Semirom (0.192), respectively. Felavarjan, Khomeinishahr, Kashan, Nain and Najafabad regions had the highest and Isfahan region was contained the lowest species evenness of agronomical productions. Many study demonstrated that there is a positive and high correlation between species evenness and diversity. This condition was true for our study. The forage and vine crop showed the highest (0.929) and lowest (0.442) Shannon indices, respectively.

1- Assistance Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
(*- Corresponding author Email: r.moradi@uk.ac.ir)

The lowest and highest alpha diversity were observed in moderate and desert-hot climates, respectively. It because that the planted crop in moderate climate was higher than desert-hot climate. Desert-moderate climate was obtained the highest beta diversity.

Conclusion

The results showed that tropical fruits and cereal were content the main planting area and medicinal plants were included the lowest planting area of Isfahan. The highest species richness in horticultural plants was in Kashan, Lenjan and Natanz regions. Ardestan and Isfahan regions were contained the highest and Khorobiabanak had the lowest species richness of agronomical plants. The highest and lowest species evenness of horticultural productions was gained in Isfahan and Semirom, respectively. The lowest and highest alpha diversity was observed in moderate and desert-hot climates, respectively. Desert-moderate climate was obtained the highest beta diversity.

Keywords: Alpha diversity, Beta diversity, Evenness index, Richness index, Shannon index

References

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Jahanbin, G.H., and Zarae, A. 2004. Diversity of crop cultivars in Iran. Desert Journal 9: 49-67. (In Persian with English Summary)

Maguran, A.E. 1996. Ecological Diversity and its Measurement. Chapman and Hall p. 184.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Mazaheri, D. 2005. Diversity of crop species in Iran. Desert Journal 10: 33-50. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 227-240

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 240-227

ارزیابی رشد و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) در شرایط کشت ارگانیک

حمداله اسکندری[1]* و اشرف عالی‌زاده امرایی[2]

تاریخ دریافت: 1393/08/08
تاریخ پذیرش: 1393/11/26

اسکندری، ح.ا.، و عالی‌زاده امرایی، ا. 1395. ارزیابی رشد و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinensis* L.) در شرایط کشت ارگانیک. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 227-240

چکیده

برای ارزیابی اثر کشت مخلوط افزایشی ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna Sinensis* L.) بر وزن خشک و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز، یک آزمایش مزرعه‌ای در شمال خوزستان در سال زراعی 93-1392 انجام گرفت. آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد به طوری‌که ذرت و لوبیا چشم بلبلی در دو تیمار کشت خالص و چهار تیمار کشت مخلوط شامل شامل T_1: 100 درصد تراکم کشت خالص ذرت+ 25 درصد کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی، T_2: 100 درصد تراکم کشت خالص ذرت+ 50 درصد کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی، T_3: 100 درصد تراکم کشت خالص ذرت+ 75 درصد تراکم کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی و T_4: 100 درصد تراکم کشت خالص ذرت+ 100 درصد کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی کشت شدند. نتایج آزمایش نشان داد که شاخص مجموع عملکرد نسبی در کلیه تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک بود که‌این امر حاکی از رابطه مکملی ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی در مصرف منابع محیطی از جمله نور و رطوبت می‌باشد. به عبارت دیگر کاهش منابع محیطی در دسترس، وزن خشک علف‌های هرز را در سیستم‌های کشت مخلوط کاهش داد به طوری‌که از پنج گونه علف‌هرز ثبت شده در طول آزمایش، وزن خشک چهار گونه شامل تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) ، سوروف (*Echinochloa cruss-gali* L.)، خرفه (*Portulaca oleraceae* L.) و تاجریزی (*Solanum nigrum* L.) در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی کاهش یافت. شاخص کارآیی خفه‌کنندگی علف‌های هرز نشان داد که در کشت‌های مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت 36-21 درصد و نسبت به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی 42-28 از وزن علف‌های هرز کاسته شد که نشان می‌دهد کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی باعث کاهش رشد علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تراکم، کارآیی خفه‌کنندگی علف‌هرز، کشت خالص، مجموع عملکرد نسبی، مصرف منابع محیطی

مقدمه

علف‌های هرز یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی به ویژه در سیستم‌های کشت ارگانیک هستند (Kruidhof et al., 2008). تحقیقات نشان می‌دهد که اغلب، جمعیت علف‌های هرز در سیستم‌های کشت ارگانیک بیشتر از سیستم‌های متداول تولید می‌باشد (Amosse et al., 2013) که این امر باعث می‌شود علف‌های هرز با رقابت بیشتر با گیاهان زراعی و در نتیجه مصرف بیشتر منابع محیطی از جمله نور و رطوبت، باعث کاهش رشد و در نهایت تولید گیاهان زراعی شوند (Cavigelli et al., 2009; Gherekhloo et al., 2010). بر این اساس، هدف اولیه مدیریت علف‌های هرز در سیستم‌های تولید، کاهش اثرات منفی علف‌های هرز بر گیاهان زراعی می‌باشد (Holander et al., 2007). اگرچه استفاده از علف‌کش‌ها، یک روش سریع در کنترل علف‌های هرز می‌باشد ولی افزایش علف‌های هرز مقاوم به علف‌کش‌ها، سلامت عمومی و همچنین آسیب‌های محیطی علف‌کش‌ها مانند آلودگی آب‌های سطحی و آسیب رساندن به سایر موجودات زنده، از جمله عواملی هستند که نگرانی-

1 و 2- به ترتیب دانشیار و مربی گروه علمی کشاورزی، دانشگاه پیام‌نور، تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: ehamdollah@gmail.com)

هایی را در مورد افزایش استفاده از علف‌کش‌ها در سیستم‌های تولید به همراه داشته‌اند (Demden & Liewellyn, 2006; Yuan-Quan et al., 2012). به همین دلیل، تلاش برای استفاده از روش‌های غیرشیمیایی کنترل علف‌های هرز، روند رو به رشدی داشته است. با این حال، استفاده از برخی روش‌های غیرشیمیایی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد از جمله در روش مکانیکی، تکیه زیادی بر ماشین‌آلات می‌شود و یا وجین دستی، علاوه بر این‌که در همه گیاهان قابل اجرا نمی‌باشد، نیاز به نیروی کار فراوانی نیز دارد (Bastiaans et al., 2002; Kropff & Walter, 2000). بر این اساس، استفاده از روشی که بتواند رشد و توسعه گیاهچه‌های علف‌های هرز را با محدودیت مواجه کند و از قدرت رقابت آن‌ها بکاهد، مورد تأکید قرار گرفته است (Holander et al., 2007). یکی از مهمترین روش‌ها جهت حصول این هدف، افزایش تنوع زیستی در سیستم‌های تولید است (Wei et al., 2010). کشت مخلوط، به عنوان مهمترین و مستقیم‌ترین راه افزایش تنوع زیستی در سیستم‌های کشاورزی معرفی شده است (Nassiri-Mahallati et al., 2001; Pogio, 2005).

کشت مخلوط یک فعالیت زراعی است که طی آن دو یا چند گیاه زراعی به صورت همزمان در یک قطعه زمین زراعی کشت می‌شوند (Dela-Foente et al., 2014). این سیستم کشت می‌تواند یک نوع استفاده عملی از اصول اکولوژیکی بر پایه تنوع زیستی، اثرات متقابل زیستی و سایر مکانیسم‌های کنترل زیستی باشد (Shenan, 2008) که امکان کنترل علف‌های هرز را فراهم می‌آورد (Vandermeer et al., 2002). گزارش شده است که این امکان، با بهره‌برداری بیشتر از منابع محیطی به ویژه نور در کشت مخلوط فراهم می‌شود (Ghanbari et al., 2006). در کشت مخلوط نخود (*Pisum sativum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.)، بیشترین وزن خشک علف‌های هرز در کشت خالص نخود مشاهده شد در حالی‌که کشت مخلوط نخود و جو کمترین وزن خشک علف‌های هرز را دارا بود (Seyedi et al., 2012). نتایج مشابهی در مورد کاهش جمعیت علف‌های هرز در کشت مخلوط ماش (*Vigna radiata* L.) و سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش شده است (Rezvani-Moghaddam et al., 2009). محدود شدن فراهمی نور در کشت مخلوط، عامل مهمی در کاهش رشد علف‌های هرز عنوان شده است (Willey, 1990). در کشت مخلوط جانشینی ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna sinesis* L.) مشاهده شد که کشت مخلوط با پوشاندن سطح زمین، مانع رسیدن نور کافی به علف‌های هرز شد. به طوری‌که وزن خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط، در مقایسه با کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی به ترتیب 27 و 11 درصد کاهش یافت (Eskandari & Ghanbari, 2010). افزایش تراکم در کشت مخلوط افزایشی جو و باقلا (*Vicia faba* L.) نیز به طور مؤثری باعث کاهش وزن خشک علف‌های هرز شد (Agegnnehu et al., 2007). مقایسه اثر کشت جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط جو و نخود نشان داد که اگرچه هر دو نوع نظام کشت مخلوط، وزن خشک علف‌های هرز را در مقایسه با کشت خالص کاهش دادند ولی وزن خشک علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی کمتر از کشت مخلوط جایگزینی بود به طوری‌که وزن خشک علف‌هرز تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) در کشت خالص، کشت مخلوط جایگزینی و کشت مخلوط افزایشی به ترتیب 130، 50 و 18 گرم در مترمربع محاسبه گردید (Hamzei & Seyedi, 2013). در کشت مخلوط ذرت و کدو تنبل (*Cucurbia maxima* L.) مشاهده شد که هر چه تراکم کدوتنبل افزایش پیدا کند، بدون این‌که عملکرد ذرت کاهش پیدا کند وزن خشک علف‌های هرز نیز کمتر می‌شود. با این حال، تراکم‌های کمتر کدو تنبل نیز منجر به کاهش وزن خشک علف‌های هرز نسبت به کشت خالص ذرت نیز می‌شود (Ronald & Charles, 2012).

هدف از انجام پژوهش حاضر بررسی اثر کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بر رشد و ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز در شرایط کشت ارگانیک بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در شهرستان اندیمشک واقع در شمال استان خوزستان در سال زراعی 93-1392 اجرا گردید. عرض جغرافیایی منطقه 32 درجه و 29 دقیقه، طول جغرافیایی 48 درجه و 22 دقیقه و ارتفاع از سطح دریا 176 متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه 304 میلی‌متر و اقلیم منطقه گرم و خشک با متوسط دمای سالانه 24 درجه سانتی‌گراد است. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول 1 آمده است.

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

بافت Texture	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) P_2O_5 (mg.kg^{-1})	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) K_2O (mg.kg^{-1})	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (mm.cm^{-3})	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	عمق (سانتی‌متر) Depth (cm)
لوم Loam	18	285	7.91	2.39	0.45	0-30

در این آزمایش، کشت خالص و مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بر اساس طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل دو تیمار کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی و چهار تیمار کشت مخلوط بر اساس روش افزایشی بود که شرح آن‌ها در جدول دو نشان داده شده است. در این تحقیق از بذر هیبرید سینگل کراس 704 (SC704) ذرت استفاده شد که یک هیبرید دو منظوره (دانه‌ای و علوفه‌ای) می‌باشد (Tajbakhsh, 1996).

جدول 2- تیمارهای مورد آزمایش در تحقیق
Table 2- Treatments of the experiment

سیستم کاشت Cropping system	شرح Description
M	کشت خالص ذرت Sole maize
T_1	کشت مخلوط افزایشی (100 درصد ذرت+ 25 درصد لوبیا چشم‌بلبلی) Intercropping (additive series): 100% maize+ 25% cowpea
T_2	کشت مخلوط افزایشی (100 درصد ذرت+ 50 درصد لوبیا چشم‌بلبلی) Intercropping (additive series): 100% maize+ 50% cowpea
T_3	کشت مخلوط افزایشی (100 درصد ذرت+ 75 درصد لوبیا چشم‌بلبلی) Intercropping (additive series): 100% maize+ 75% cowpea
T_4	کشت مخلوط افزایشی (100 درصد ذرت+ 100 درصد لوبیا چشم‌بلبلی) Intercropping (additive series): 100% maize+ 100% cowpea
CP	کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی Sole cowpea

در تیمارهای کشت خالص، ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی با توجه به تراکم مطلوب آن‌ها در کشت خالص، به ترتیب در تراکم‌های 6/7 و 20 بوته در مترمربع (Tajbakhsh, 1996; Koocheki & Banayan-Aval, 1994) کشت شدند. برای کشت از کرت‌هایی به ابعاد 4×3 متر استفاده شد. که شامل شش ردیف کاشت به طول چهار متر و فاصله 75 سانتی‌متر بود. در یک طرف هر پشته، ذرت با تراکم 100 درصد کشت خالص خود، بذرکاری شد و در طرف دیگر پشته، با توجه به ترکیب کشت مخلوط، نسبت‌های مختلفی از تراکم لوبیا چشم‌بلبلی اضافه گردید. در تراکم‌های کمتر لوبیا چشم‌بلبلی، فاصله روی ردیف به گونه‌ای انتخاب شد تا تمام طول پشته با لوبیا چشم‌بلبلی کشت شود.

کاشت ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی به طور همزمان در اول اسفند ماه 1392 و با دست انجام گرفت. با توجه به نوع کشت که به صورت ارگانیک انجام گرفت، در طول آزمایش هیچ‌گونه کود و یا سایر مواد شیمیایی (از جمله علف‌کش) مورد استفاده قرار نگرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت صورت گرفت. روش آبیاری به صورت جوی و پشته (نشت آب از داخل جوی به سمت محل قرارگیری بذر روی پشته) و به طور میانگین هر پنج روز یک‌بار انجام گرفت (Ofari & Stern, 1987).

برای بررسی اثر کشت مخلوط بر جذب نور پوشش گیاهی، تشعشعات فعال فتوسنتزی[1] (PAR) سه بار در طول فصل رشد، پس

1- Photosynthetically active radiation

از بسته شدن کانوپی در فواصل ساعات 14-12 با استفاده از دستگاه نورسنج مدل SF-80T اندازه‌گیری شد. به این منظور، میزان نور در بالای پوشش گیاهی و سطح خاک در پنج نقطه که به طور تصادفی انتخاب شده بود، درون هر کرت اندازه‌گیری و میانگین جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی برای آن کرت محاسبه شد. با توجه به این‌که انتظار می‌رفت تعادل آب خاک تحت تأثیر نظام‌های کاشت قرار بگیرد، محتوی آب خاک سه‌بار در طول فصل رشد اندازه‌گیری شد. برای این کار، از سه نقطه مختلف در هر کرت، نمونه‌گیری صورت گرفت و از مخلوط نمونه‌ها یک نمونه برای تعیین محتوی رطوبتی خاک به روش وزنی مورد استفاده قرار گرفت. دمای خاک نیز در عمق صفر تا 10 سانتی‌متری سه بار در طول فصل رشد و در سه نقطه، در تمام کرت‌ها اندازه‌گیری شد و میانگین دما در سه نقطه مزبور به عنوان دمای خاک در آن کرت به کار رفت (Ghanbari-Bonjar, 2000).

پس از رسیدن ذرت به مرحله خمیری پر شدن دانه، برداشت هر دو گیاه به طور همزمان در تاریخ 20 خرداد 1393 انجام گردید. در این تاریخ، لوبیا چشم‌بلبلی نیز به رسیدگی فیزیولوژیک خود رسید. در مرحله برداشت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، کلیه اندام‌های هوایی گیاه (شامل ساقه، برگ و دانه) با دست از سطح هر کرت برداشت و بر اساس گونه شامل ذرت، لوبیا چشم‌بلبلی و علف‌های هرز تفکیک شدند. نمونه‌ها در آون به مدت 48 ساعت در درجه حرارت 70 درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و وزن خشک کل برای هر نمونه محاسبه گردید.

برای محاسبه میزان مکملی اجزای کشت مخلوط در مصرف منابع محیطی از شاخص "مجموع عملکرد نسبی" استفاده شد (Eskandari & Ghanbari, 2010):

$$RYT = (Y_{ab} / Y_{aa}) + (Y_{ba} / Y_{bb}) \quad (1)$$

در این معادله، RYT: مجموع عملکرد نسبی[1]، Y_{ab}: عملکرد ماده خشک لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط، Y_{aa}: عملکرد ماده خشک لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص، Y_{ba}: عملکرد ماده خشک ذرت در کشت مخلوط و Y_{bb}: عملکرد ماده خشک ذرت در کشت خالص می‌باشد.

برای مشخص کردن اثر احتمالی سیستم‌های کشت مخلوط در کاهش رشد علف‌های هرز از شاخص کارآیی خفه‌کنندگی علف‌های هرز استفاده شد تا تأثیر کشت مخلوط در کاهش وزن خشک علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص ذرت و لوبیا مشخص شود (Sharma & Banik, 2013):

$$WSE= [(W_1-W_2)/W_2] \times 100 \quad (2)$$

که در آن، WSE: کارآیی خفه‌کنندگی علف‌های هرز[2] توسط کشت مخلوط، W_1: وزن خشک علف‌های هرز در کشت خالص ذرت و لوبیا و W_2 وزن خشک علف‌های هرز در کشت‌های مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد.

تجریه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها، آزمون چند دامنه‌ای دانکن به کار رفت.

نتایج و بحث

جدول 3 درجه آزادی و میانگین مربعات و جدول 4 مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر نظام‌های مختلف کاشت بر جذب نور (درصد)، رطوبت خاک (درصد) و دمای خاک (درجه سانتی‌گراد) در سه مرحله مختلف اندازه‌گیری را نشان می دهد.

سیستم‌های کاشت، جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی (PAR) را تحت تأثیر قرار داد (جدول‌های 3 و 4). چرا که ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط به دلیل اختلاف در آرایش شاخ و برگ و شکل پوشش گیاهی، می‌توانند در جذب PAR، کارآیی بیشتری داشته باشند. نوری که توسط ذرت جذب نشد، در پایین پوشش گیاهی توسط لوبیاچشم بلبلی جذب گردید و در نتیجه موجب افزایش کارایی جذب PAR شد. در کشت مخلوط، خصوصاً در مراحل اولیه رشد سطح برگ بیشتر است که باعث افزایش کارایی کشت مخلوط در تبدیل تشعشعات فعال فتوسنتزی می‌گردد. نتایج مشابهی در مورد جذب بیشتر PAR در کشت مخلوط توسط تعدادی از محققان دیگر نیز گزارش شده است. گزارش شد که کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و باقلا، PAR را با کارایی بیشتری نسبت به کشت خالص جذب کرد، چرا که تشعشعات خورشیدی که ممکن است به خاطر رشد کم گندم در ابتدای فصل و پیری باقلا در انتهای فصل هدر رود، می‌تواند با کشت مخلوط گندم و باقلا با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار گیرد (Ghanbari-Bonjar & Lee, 2002).

1- Relative yield total

2- Weed smothering efficiency

جدول 3- تجزیه واریانس جذب نور، رطوبت خاک و دمای خاک در نظام‌های مختلف کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی

Table 3- Analysis of variance of light interception, soil moisture content and soil temperature of different intercropping of maize and cowpea in additive series

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	دمای خاک Soil temperature			محتوای رطوبت خاک Soil moisture content			جذب نور Light interception		
		مرحله اول S_1	مرحله دوم S_2	مرحله سوم S_3	مرحله اول S_1	مرحله دوم S_2	مرحله سوم S_3	مرحله اول S_1	مرحله دوم S_2	مرحله سوم S_3
تکرار Replication	2	4.2^{**}	1.6	6.1	11.2^{*}	2.5	4.0	15.1	11.5	13.1
نظام کاشت Cropping system	5	12.4^{**}	30.1^{*}	32.2^{*}	49.2^{**}	67.1^{**}	117.5^{**}	59.9^{*}	136.6^{*}	250.3^{*}
خطا Error	10	0.83	6.29	12.12	2.5	2.49	4.33	18.71	109.3	156.6
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		4.89	9.50	11.87	10.23	8.7	9.96	16.03	19.95	19.32

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

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

جدول 4- مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر نظام‌های کاشت بر جذب نور (درصد)، دمای خاک (درجه سانتی‌گراد) و رطوبت خاک (درصد)

Table 4- Effect of cropping system on light interception (%), soil temperature (°C) and soil moisture content (%)

نظام کاشت Cropping system	دمای خاک Soil temperature			محتوای رطوبت خاک Soil moisture content			جذب نور Light interception		
	مرحله اول S_1	مرحله دوم S_2	مرحله سوم S_3	مرحله اول S_1	مرحله دوم S_2	مرحله سوم S_3	مرحله اول S_1	مرحله دوم S_2	مرحله سوم S_3
M	25.0^{a*}	28.3^{a}	32.7^{a}	25.8^{a}	20.5^{a}	23.1^{b}	23.6^{d}	43.9^{d}	52.3^{d}
T_1	21.7^{b}	24.3^{b}	28.3^{b}	20.6^{b}	19.4^{ab}	20.1^{bc}	38.7^{b}	60.0^{b}	76.9^{b}
T_2	21.3^{b}	23.0^{b}	27.0^{b}	20.4^{b}	19.0^{ab}	18.6^{bc}	46.6^{b}	62.0^{b}	79.2^{ab}
T_3	19.7^{c}	21.0^{bc}	27.3^{ab}	19.3^{b}	17.5^{b}	12.6^{c}	48.9^{ab}	74.4^{ab}	82.2^{a}
T_4	17.3^{c}	18.0^{c}	22.7^{c}	18.9^{b}	11.1^{c}	10.4^{c}	51.5^{a}	76.6^{a}	82.5^{a}
CP	25.0^{a}	27.7^{a}	33.3^{a}	28.5^{a}	20.1^{a}	29.6^{a}	33.7^{c}	57.5^{c}	69.5^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داربیر اساس آزمون دانکن ندارند.

* Means with similar letters in each column have not significant different based on Duncans' test.

M: کشت خالص ذرت، T_1: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (25 درصد)، T_2: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (50 درصد)، T_3: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (75 درصد) و T_4: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (100 درصد) و CP: کشت خالص لوبیا چشم بلبلی

M_1: Sole maize; T_1: Additive intercropping of maize (100%) and cowpea (25%); T_2: Additive intercropping of maize (100%) and cowpea (50%); T_3: Additive intercropping of maize (100%) and cowpea (75%); T_4: Additive intercropping of maize (100%) and cowpea (100%) and CP: Sole cowpea

همچنین در کشت مخلوط ذرت و خیار (*Cucumis sativus* L.)، تشعشعات فعال فتوسنتزی با کارآیی بیشتری نسبت به کشت خالص این دو گیاه جذب شد (Ghanbari et al., 2006). یافته‌های این پژوهش‌ها با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. در کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) نیز مشاهده شد که جذب نور در کشت مخلوط به ترتیب حدود 27 و 65 درصد بیشتر از کشت خالص شنبلیله و شوید بود (Yousef Nia et al., 2015) که با نتایج تحقیق حاضر مبنی بر

جذب بیشتر نور در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مطابقت دارد.

و نتایج نشان داد که مصرف رطوبت خاک به طور معنی‌داری در سیستم‌های مختلف کاشت متفاوت بود (جدول 1)، به طوری‌که محتوای رطوبتی خاک در کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی به طور معنی‌داری بالاتر از سیستم‌های کشت مخلوط بود (جدول 4). این امر مصرف بیشتر رطوبت خاک در کشت‌های مخلوط را نشان داد. از آن‌جا که دمای خاک در زیر پوشش گیاهی سیستم‌های کشت مخلوط از دمای خاک در کشت خالص کمتر بود (جدول 4)، بنابراین مقدار کمتر محتوی رطوبتی خاک در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص ذرت نمی‌تواند به دلیل تبخیر بیشتر از سطح خاک باشد، بلکه کشت‌های مخلوط به دلیل سیستم ریشه‌ای فشرده‌تر قادرند آب را از لایه‌های مختلف خاک جذب کنند و باعث شوند پروفیل خاک در مقایسه با کرت‌های کشت خالص خشک‌تر باشد. در واقع تفاوتی که بین اجزای کشت مخلوط از نظر خصوصیات ریشه‌ای، به ویژه تفاوت در عمق ریشه، وجود دارد باعث می‌شود در نظام‌های کشت مخلوط حجم بیشتری از خاک برای جذب آب استفاده شود و در نتیجه میزان جذب رطوبت از خاک بیشتر از کشت‌های خالص باشد (Peter et al., 1999). در کشت مخلوط گندم و عدس (*Lens culinaris* L.)، تفاوت اجزای کشت مخلوط از نظر خصوصیات ریشه‌ای، باعث افزایش کارایی استفاده از آب و افزایش عملکرد شد (Ahlawat & Aharama, 1985). یافته‌های این تحقیق با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد.

برای مقایسه نظام‌های کشت مخلوط با کشت‌های خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی از نظر مصرف منابع محیطی از شاخص مجموع عملکرد نسبی استفاده شد. در صورتی‌که مقدار عددی این شاخص بیشتر از یک شود، نشان می‌دهد که رقابت بین‌گونه‌ای کمتر از رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد و اجزای کشت مخلوط در مصرف منابع محیطی به صورت مکمل عمل می‌کنند (Eskandari & Ghanbai, 2011). در تحقیق حاضر مجموع عملکرد نسبی برای کشت‌های مخلوط بیشتر از یک به دست آمد (جدول 5). میانگین مجموع عملکرد نسبی در چهار سیستم کشت مخلوط، 2/46 بود که نشان داد کشت مخلوط منابع محیطی را با 146 درصد کارآیی بیشتر نسبت به کشت خالص مورد استفاده قرار داد. در کشت مخلوط جو-ماشک (*Vicia villosa* L.) (Mohsen-Abadi et al., 2007) و کشت مخلوط ذرت و ارزن دم‌روباهی (*Alopecurus* sp. L.) (Shaygan et al., 2008) نیز مجموع عملکرد نسبی بالاتر از یک، که مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را در مصرف منابع محیطی نشان می‌دهد، گزارش شد. در کشت مخلوط ذرت و بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) نیز مزیت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص گزارش شد (Rahaii et al., 2016).

جدول 5- مجموع عملکرد نسبی برای تولید ماده خشک در نظام‌های کشت مخلوط مورد آزمایش

Table 5- Relative yield total of intercropping systems for dry matter production

سیستم کشت مخلوط Cropping system	مجموع عملکرد نسبی Relative yield total
T_1	2.25
T_2	2.47
T_3	2.56
T_4	2.58

T_1: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (25 درصد)، T_2: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (50 درصد)، T_3: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (75 درصد) و T_4: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (100 درصد)

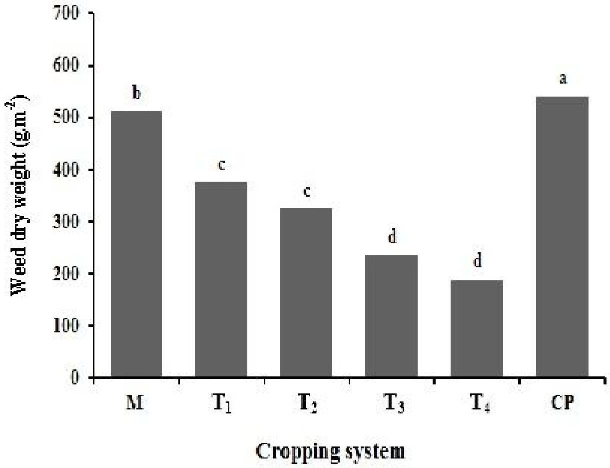
T_1: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (25%); T_2: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (50%); T_3: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (75%) and T_4: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (100%)

نتایج نشان داد وزن خشک کل علف‌های هرز ثبت شده در آزمایش (شامل پنج گونه) (جدول 6)، به طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم‌های کشت قرار گرفت ($p \leq 0/01$) به طوری‌که مجموع وزن خشک کل علف‌های هرز ثبت شده، در سیستم‌های کشت مخلوط (به ویژه در حالت اضافه شدن لوبیا چشم‌بلبلی با 75 و 100 درصد تراکم مطلوب (T_3 و T_4)) کمتر از کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بود (شکل 1).

جدول 6- گونه‌های علف‌هرز ثبت شده در طول آزمایش

Table 6- Weed species recorded in the experiment

نام عمومی Common name	نام علمی Scientific name	خانواده (تیره) Family
تاج خروس Amaranth	*Amaranthus retroflexus* L.	Amaranthaceae
سوروف Pigweed	*Echinochloa crus-galli* L.	Poaceae (Graminae)
خرفه Purslane	*Portulaca oleracea* L.	Portulacaceae
تاجریزی Halikakabon	*Solanum nigrum* L.	Solanaceae
توق Xanthium	*Xanthium strumarium* L.	Asteraceae



شکل 1- مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر نظام‌های کاشت بر وزن خشک کل علف‌های هرز (گرم بر مترمربع)

Fig. 1- Effect of cropping system on weeds dry weight ($g.m^{-2}$)

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داربیر اساس آزمون دانکن ندارند.

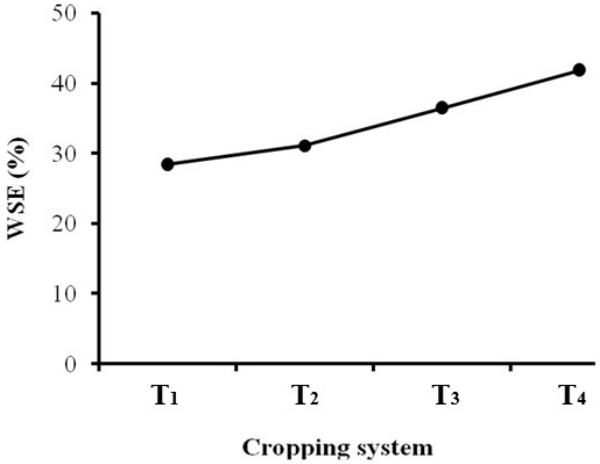
Means with similar letters in each column have not significant different based on Duncans' test.

M: کشت خالص ذرت، T_1: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (25 درصد)، T_2: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (50 درصد)، T_3: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (75 درصد) و T_4: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (100 درصد) و CP: کشت خالص لوبیا چشم بلبلی

M_1: Sole maize; T_1: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (25%); T_2: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (50%); T_3: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (75%); T_4: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (100%) and CP: Sole cowpea

از طرف دیگر، شاخص کارآیی خفه‌کنندگی علف‌هـای هـرز در کشت‌های مخلوط نسبت بـه کشـت خـالص ذرت 36-21 درصـد و نسبت به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی 42-28 درصد به دسـت آمـد (شکل‌های 2 و 3). به عبارت دیگر، با افزوده شدن لوبیا چشم‌بلبلی به کشت خالص ذرت (کشت مخلوط افزایشی) درصد وزن خشک علف‌های هرز نسبت به کشت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بـه ترتیـب 36-21 و 42-28 درصد کاهش یافت.

از آن‌جا که مجموع عملکرد نسبی در تمامی کشت‌های مخلـوط بیشتر از یک بود (جدول 5)، نتیجه گرفته می‌شود که اجـزای کشـت مخلوط، در مصرف منابع محیطی به طور مکمل عمل کردند.

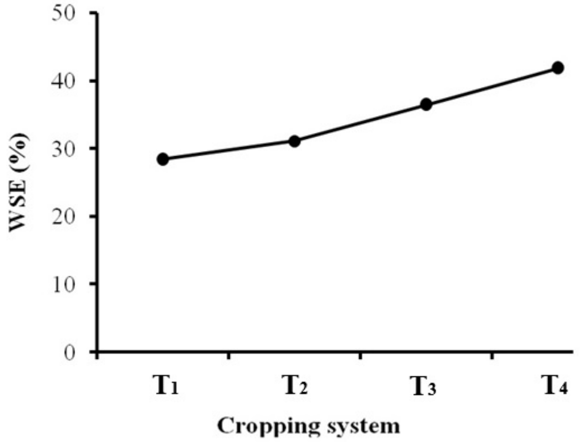


شکل 2- کارآیی خفه‌کنندگی علف‌های هرز (WSE) توسط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ذرت بر حسب وزن خشک

Fig. 2- Weed smothering efficiency (WSE) of intercropping compared to sole maize in terms of dry weight

T_1: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (25 درصد)، T_2: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (50 درصد)، T_3: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (75 درصد) و T_4: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (100 درصد)

T_1: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (25%); T_2: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (50%); T_3: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (75%) and T_4: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (100%)



شکل 3- کارآیی خفه‌کنندگی علف‌های هرز (WSE) توسط کشت مخلوط نسبت به کشت خالص لوبیا چشم‌بلبلی بر حسب وزن خشک

Fig. 3- Weed smothering efficiency (WSE) of intercropping compared to sole cowpea in terms of dry weight

T_1: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (25 درصد)، T_2: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (50 درصد)، T_3: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (75 درصد) و T_4: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (100 درصد)

T_1: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (25%); T_2: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (50%); T_3: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (75%) and T_4: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (100%)

بنابراین انتظار می‌رود استفاده از منابع محیطی در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص باشد که همین امر، رشد علف‌های هرز در کشت مخلوط را با محدودیت مواجه کرد. پوشانده شدن بیشتر سطح خاک و تنوع بیشتر گیاهی در کشت مخلوط به عنوان دو عامل مهم

در کشت مخلوط معرفی شده‌اند که باعث کاهش رشد علف‌های هرز می‌شوند (Pogio et al., 2004). زیرا این عوامل فراهمی عوامل محیطی برای علف‌های هرز را محدود می‌کنند. محدود شدن نور یک عامل مهم در کاهش رشد علف‌های هرز معرفی شده است (Willey, 1990). در این پژوهش نیز، ذرت با ارتفاع بلندتر نسبت به سایر گیاهان مزرعه در کاهش نور در سطح زمین مؤثر بود و از طرف دیگر، لوبیا چشم‌بلبلی با ساختار رونده خود و پوشش بیشتر سطح زمین، فراهمی نور را برای علف‌های هرز کوتاه‌تر، محدود ساخت. افزایش تراکم گیاهی در تیمارهای T_3 و T_4 یک عامل مهم در افزایش استفاده از منابع محیطی و در نتیجه کاهش بیشتر وزن خشک علف-های هرز در تیمارهای اخیر کشت مخلوط نسبت به سایر تیمارهای کشت مخلوط و کشت‌های خالص بود. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا مشاهده شد که افزایش تراکم با کاهش تشعشع در دسترس علف‌های هرز، رشد و وزن خشک آن‌ها را با کاهش مواجه کرد (Rostami et al., 2009). همچنین در کشت مخلوط جایگزینی ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی نیز گزارش شد که مصرف بیشتر منابع محیطی در کشت مخلوط، عامل مهمی در کاهش وزن خشک علف‌های هرز بود (Eskandari & Ghanbari, 2010). در تحقیقات دیگر نیز کاهش رشد علف‌های هرز به عنوان یکی از مزایای کشت مخلوط معرفی شده است (Pogio, 2005; Banik et al., 2006; Seyedi et al., 2012) که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

وزن خشک علف‌های هرز تاج خروس، خرفه (*Portulaca oleraceae* L.)، سوروف (*Echinocloa cruss-gali* L.) و تاجریزی (*Solanum nigrum* L.) به طور معنی‌داری تحت تأثیر سیستم کاشت قرار گرفت ولی اثر سیستم کاشت بر وزن خشک علف‌هرز توق (*Xanthium strumarium* L.) معنی‌دار نبود (جدول 7).

جدول 7- تجزیه واریانس اثر نظام‌های مختلف کشت بر ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز

Table 7- Analysis of variance of the effect of cropping system on the composition of weed species.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		توق XS	تاجریزی SN	خرفه PO	سوروف EC	تاج خروس AR
تکرار Replication	2	113.08	349.18	954.61	27.93	540.74
نظام کشت Copping system	5	12.58	673.06*	1847.56**	2515.23**	19532.6**
خطا Error	10	24.42	189.51	270.94	101.99	849.65
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		25.94	27.78	21.9	15.9	18.94

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

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

AR: *Amaranthus retondus*; EC: *Echinocloa cuss-gali*; PO: *Portulaca oleraceae*; SN: *Solanum nigrum*; XS: *Xanthium strumarium*

روند تغییرات وزن خشک گونه‌های مختلف علف‌هرز در سیستم-های کشت مخلوط یکسان نبود به طوری‌که علف‌هرز تاج خروس با 76 و خرفه با 55 درصد به ترتیب بیشترین و کمترین کاهش وزن خشک را دارا بودند (جدول 8). از آن‌جا که وزن خشک علف‌های هرز تاج خروس، خرفه، سوروف و تاجریزی در سیستم‌های کشت مخلوط کمتر از کشت‌های خالص بود (به جز در مورد تیمار T_1 که تراکم لوبیا چشم‌بلبلی در آن پایین بود) می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط به جز در مورد علف‌هرز توق، در کنترل سایر علف‌های هرز موفق عمل نمود. به عبارت دیگر، در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، لوبیا چشم‌بلبلی توانست جایگزینی خوبی برای علف‌های هرز باشد به

طوری‌که نه تنها در مصرف منابع محیطی بـا ذرت رابطـه مکملـی داشت بلکه منبع خوبی برای تولید محصول ثانویـه نیـز بـود. نتـایج مشابهی در مورد تغییر ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز در کشت مخلوط ذرت و خیار گزارش شد (Ghanbari et al., 2008).

جدول 8- مقایسه میانگین‌ها در مورد اثر نظام‌های کاشت بر ترکیب گونه‌ای علف‌های هرز بر حسب گرم در مترمربع

Table 8- Effect of copping system on the composition of weed species ($g.m^{-2}$)

سیستم کاشت Copping system	تاج خروس AR	سوروف EC	خرفه PO	تاجریزی SN
M	251.4[a]*	90.59[a]	100.7[a]	53.47[a]
T_1	133.4[b]	93.9[a]	88.73[a]	37.98[ab]
T_2	137.0[b]	47.28[b]	59.6[b]	33.82[ab]
T_3	88.37[bc]	40.11[b]	59.72[b]	21.89[b]
T_4	61.72[c]	26.64[b]	46.99[b]	20.32[b]
CP	251.6[a]	82.6[a]	101.7[a]	55.28[a]

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌داربیر اساس آزمون دانکن ندارند.

* Means with similar letters in each column have not significant different based on Duncans' test.

M: کشت خالص ذرت، T_1: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (25 درصد)، T_2: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (50 درصد)، T_3: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (75 درصد) و T_4: کشت مخلوط افزایشی ذرت (100 درصد) و لوبیا چشم‌بلبلی (100 درصد) و CP: کشت خالص لوبیا چشم بلبلی

M_1: Sole maize; T_1: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (25%); T_2: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (50%); T_3: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (75%) and T_4: Additive intercropping series of maize (100%) and cowpea (100%) and CP: Sole cowpea

AR: *Amaranthus retondus*; EC: *Echinocloa cuss-gali*; PO: *Portulaca oleraceae*; SN: *Solanum nigrum*; XS: *Xanthium strumarium*

نتیجه‌گیری

از آن‌جا که در پژوهش حاضر مجموع عملکرد نسبی برای کلیـه تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از یک به دست آمد، می‌تـوان نتیجـه گرفت که رقابت بین‌گونه‌ای ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی کمتـر از رقابـت درون‌گونه‌ای آن‌ها بود و این دو گیاه در مصرف منابع محیطی به طور مکمل عمل کردند. مصرف بیشتر منابع محیطی در کشـت مخلـوط، علف‌های هرز را با محدودیت منابع محیطی مواجه کرد و رشد آن‌ها را کاهش داد. از طرف دیگـر، کشـت مخلـوط در کـاهش وزن خشـک علف‌های هرز سوروف، خرفه، تاجریزی و تاج خـروس موفـق عمـل نمود به طوری‌که وزن خشک آن‌ها در کشت مخلوط کمتر از کشـت خالص ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بود. بنابراین، کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی می‌تواند به عنوان روشی جهت کنترل غیرشیمیایی علف‌های هرز در سیستم‌های تولید پایدار به کار رود.

منابع

Agegnnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2007. Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 25: 202-207.

Ahlawat, A., and Aharama, R. 1985. Water and nitrogen management in wheat-lentil intercropping system under late-season condition. Agricultural Science 105: 697-701.

Amosse, C., Jeuffroy, M.H., Celette, F., and David, C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. European Journal of Agronomy 49: 158-167.

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

Bastiaans, L., Paolini, R., and Baumann, D.T. 2002. Integrated crop management: Opportunities and limitations for prevention of weed problems. In: Laar, H.H. (Eds.), EWRS 12th Symposium. EWRS, Wageningen.

Cavigelli, M.A., Hima, B.L., Hanson, J.C., Teasdale, J.R., Conklin, A.E., and Lu, Y.C. 2009. Long-term economic performance of organic and conventional field crops in the mid-Atlantic region. Renewable Agriculture and Food

System 24: 102-119.

Dela-Foente, E.B., Suarez, S.A., Lenadis, A.E., and Poggio, S.L. 2014. Intercropping sunflower and soybean in intensive farming systems: Evaluating yield advantage and effect on weed and insect assemblages. Njas-Wagen Journal of Life Science. In press.

Demden, F.H., and Liewellyn, R.S. 2006. No tillage adoption decision in south Australian copping and the role of weed management. Australian Journal of Experimental Agricultue 46: 563-569.

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2010. Influence of different intercropping pattern of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) on light interception, forage yield and weed biomass. Iranian Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 1(20): 49-57. (In Persian with English Summary)

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Iranian Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2(21): 67-75. (In Persian with English Summary)

Ghanbari, A., Ghadiri, A., and Jokar, M. 2006. Evaluation of maize and cucumber intercropping on weed control. Iranian Journal of Research in Agronomy and Horticulture 73: 193-199. (In Persian)

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H. 2002. Intercropped field beans (*Vicia faba*) and wheat (*Triticum aestivum*) for whole crop forage: Effect of nitrogen on forage yield and quality. Agricultural Science 38: 311-315.

Ghanbari-Bonjar, H. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum*) and bean as a low-input forage. Wye College. University of London. PhD dissertation.

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

Holander, 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.

Gherekhloo, J., Noroozi, S., Mazaheri, D., Ghanbari, A., Ghannadha, M.R., Vidal, R.A., and De-Prado, R. 2010. Multispecies weed competition and their economic threshold on the wheat crop. Planta Daninha 28: 239-246.

Koocheki, A., and Banayan-Aval, M. 1994. Pulse agronomy. Jihad-e- Daneshgahi. Mashhad 88 pp. (In Persian)

Kruidhof, H.M., Bastiaans, L., and Kropff, M.J. 2008. Ecological weed management by cover cropping: Effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. Weed Research 48: 492-502.

Kropff, M.J., and Walter, H. 2000. EWRS and the challenges for weed research at the start of a new millennium. Weed Research 40: 7-10.

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. Jounal of Agronomy and Crop Science 191: 195-201.

Mohsen-Abadi, G., Jahansuz, M., Chaichi, M., Rahimian-Mashhadi, R., Liaghat, A., and Savaghebi-Firuzabadi, G. 2007. Evaluation of vetch and barley under different level of nitrogen fertilizer. Iranian Journal of Science and Technology of Agriculture 1(10): 22-31. (In Persian)

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran 220 pp.

Ofori, F., and Stern, W. 1987. Cereal-legume intercropping system, Advance in Agronomy 41: 41-90.

Peter, A., Jolliff, E., and Fredrick, M. 1999. Competition and productivity by intercrop maize and cowpeas: Some properties of productive intercrops. Experimental Agriculture 132: 425-435.

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment 109: 48-58.

Poggio, S.L., Satorre, E.H., and Dela-Fuente, E.B. 2004. Structure of weed com- munities occurring in pea and wheat crops in the Rolling Pampa (Argentina). Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment 103: 225-235.

Rahaii, M., Dahmardeh, M., Khammari, I., and Mousavi Nik, S.M. 2016. Evaluation of the effects of density and weeds control on corn (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.) intercropping by competition indices. Journal of Agroecology 7(4): 473-484. (In Persian with English Summary)

Ronald, M., and Charles, K. 2012. Weed suppression and component crop response in maize/pumpkin intercropping systems in Zimbabwe. Journal of Agricultural Science 4(7): 231-236.

Rostami, L., Mondani, F., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different planting density of maize and bean intercropping on crop yield and weeds population. Iranian Journal of Weed

Research 1(2): 37-51. (In Persian)

Rezvani Moghaddam, P., Raoofi, M., Rashed-Mohasel, M., and Moradi, R. 2009. Evaluation of different planting composition and weed control in vetch and nigella intercropping. Journal of Agroecology 1(1): 65-79. (In Persian)

Seyedi, M., Hamzeie, J., Ahmadvand, G., and Abutalebian, M.A. 2012. Evaluation of weed control possibility and crop production in pea and barley intercropping. Iranian Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 3(22): 101-114.

Shaygan, M., Mazaheri, D., Rahimian-Mashhadi, H., and Payghambari, S.A. 2008. Effect of planting date and intercropping of maize and millet on their grain yield and weed control. Iranian Journal of Agronomy Science 1(10): 31-46.

Shenan, C. 2008. Biotic interaction, ecological knowledge and agriculture. Philosophical Transactions Royal Society Biology Science 363: 717-739.

Shrama, R.C., and Banik, P. 2013. Baby corn-legumes intercropping system: II Weed dynamic and community structure. NJAS-Wagen Journal of Life Science 67: 11-18.

Tajbakhsh, M. 1996. Agronomy breeding and pest of corn. Ahrar. Tabriz, Iran 75 pp. (In Persian)

Vandermeer, J.H., Lawrence, D., Symstad, A., and Hobbie, S.E. 2002. Effect of biodiversity on ecosystem functioning in managed ecosystems, in: M. Loreau, S. Naeem, Inchausti (Eds.), Biodiversity and Ecosystem Functioning, Synthesis and Perspectives, 19, Oxford University Press. Oxford p. 221-236.

Wei, D., Liping, C., Zhijun, M., Guangwei, W., and Ruirui, Z. 2010. Review of non-chemical weed management for green agriculture. Agriculture and Biology Engineering 3: 52-60.

Willey, R. 1990. Resource use in intercropping systems. Journal of Agricultural Water Management 17: 215-231.

Yousef Nia, M., Banayan Aval, M., and Khorramdel, S. 2015. Evaluation of radiation use and interception of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.) intercropping canopy. Journal of Agroecology 7(3): 412-124. (In Persian with English Summary)

Yuan-Quan, C., Peng, S., Chen, L., and Xue-peng, S. 2012. *Xanthium* suppression under maize-sunflower intercropping system. Journal of Integrative Agriculture 11(6): 1026-1037.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 227-240

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 240-227

Evaluation of Growth and Species Composition of Weeds in Maize-Cowpea Intercropping based on Additive Series under Organic Farming Condition

H. Eskandari[1*] and A. Alizadeh-Amraie[2]

Submitted: 30-10-2014
Accepted: 15-02-2015

Eskandari, H., and Alizadeh-Amraie, A. 2016. Evaluation of Growth and Species Composition of Weeds in Maize-Cowpea Intercropping based on Additive Series under Organic Farming Condition. Journal of Agroecology 8(2): 227-240.

Introduction

Weeds are main factors reducing crops yield, especially under organic farming conditions (). It has been reported that weed populations are more in organic farming compared to conventional cropping systems, resulting in more reduction of growth and yield. Although the chemical control is a fast and effective way for controlling weed populations, some negative impacts of the recent weed management on public health and the natural environment, increased the concerns of using weed chemical compositions. Thus, non-chemical weed control is in high importance. Intercropping, an agronomical operation in which two or more crops are grown simultaneously in the same field, is one of the most important methods for increasing biodiversity in agricultural ecosystems (Amosse et al., 2013; Rostami et al., 2009; Yuan-Quan et al., 2012). Therefore, the current research was aimed to evaluate the possible non chemical controlling of weeds in a maize-cowpea intercropping system.

Materials and methods

A field experiment was conducted in the north of Khuzestan during the growing season 2013-2014. The experiment was based on a randomized complete block design with three replications. Maize and cowpea were planted in two sole crop systems and four intercropping systems based on an additive series, including T_1:100 percent maize+25 percent cowpea, T_2: 100 percent maize+50 percent cowpea, T_3: 100 percent maize+75 percent cowpea and T_4: 100 percent maize+100 percent cowpea. No chemical materials (fertilizer and pesticide) were used during growing season. Environmental usage by intercropping patterns was evaluated by measuring photosynthetically active radiations (PAR) (mean of five points in each plot, selected randomly) and soil moisture content at three stages. At harvest time, all plants of each plot were harvested and grouped and weighed according to their species type. Complementary effect of intercropping in using environmental resources was calculated using relative yield total (RYT) index. Weed smothering efficiency (WSE) was used to evaluate the effect of intercropping on reducing weeds the dry weight.

Results and discussion

Results indicated that soil moisture content, PAR interception and soil temperature were affected by cropping patterns. The lowest and highest values of soil temperatures were observed in intercropping and sole crop systems, respectively. Intercropping systems exploited soil water more than sole crops. PAR interception was higher in intercropping compared to sole cropping. However, sole cowpea showed lower PAR interception compared to maize sole crop. Relative yield total (RYT) index was more than unity in all intercropping systems. Weed smothering efficiency (WSE) showed that dry weight of weeds was reduced by 21-26 and 28-42 percentages in intercropping systems compared to sole maize and sole cowpea cropping systems, respectively. The growth of weeds (in terms of total dry weight) in intercropping systems were reduced in which from five recorded weed species, the dry weight of them, including amaranth (*Amaranthus retondus* L.), pigweed (*Echinocloa cruss-gali* L.), purslane (*Portulaca oleraceae* L.) and Halikakabon (*Solanum nigrum* L.) decreased in intercropping compared to sole cropping systems. Intercropping components showed a complementary relation in consuming environmental resources including soil moisture and PAR. Since the soil temperature was lower in intercropping compared to sole cropping, lower soil moisture in intercropping cannot be resulted from higher evaporation in intercropping, but also the widespread root system in intercropping resulted in higher efficiency in soil moisture consuming. Relative yield total more than unity, showing the advantages of

1 and 2- Associate Professor and Instructor, Department of Agriculture, University of Payame-Noor, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ehamdollah@gmail.com)

intercropping in environmental resources consumption. Soil covering and higher biodiversity are two main factors reducing weeds growth in intercropping because the two recent factors lower PAR availability for weeds which can reduce weed. The current research, taller maize absorbed incoming PAR and shorter cowpea intercepted PAR at ground surface, resulting in lower PAR for weeds. Higher plant populations in intercropping have been reported as a main factor for reducing environmental resources availability for weeds reducing their growth.

Conclusion

The Relative yield total was more than unity, indicating the complementarity of maize and cowpea in intercropping systems for environmental resources consumption which was resulted in lower weeds growth. Thus, intercropping can be used as a non-chemical method for weeds control.

Keywords: Density, Environmental resource consumption, Relative yield total, Sole cropping, Weeds smothering efficiency

References

Amosse, C., Jeuffroy, M.H., Celette, F., and David, C. 2013. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. European Journal of Agronomy 49: 158-167.

Rostami, L., Mondani, F., Khorramdel, S., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Effect of different planting density of maize and bean intercropping on crop yield and weeds population. Iranian Journal of Weed Research 1(2): 37-51. (In Persian)

Yuan-Quan, C., Peng, S., Chen, L., and Xue-peng, S. 2012. *Xanthium* suppression under maize-sunflower intercropping system. Journal of Integative Agriculture 11(6): 1026-1037.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 241-250

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 250-241

تأثیر ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)

حسام سجادی نیاکی[1]، محمدتقی درزی[2*] و محمدرضا حاج سیدهادی[2]

تاریخ دریافت: 1393/08/28
تاریخ پذیرش: 1394/01/16

سجادی نیاکی، ح.، درزی، م.ت.، و حاج سیدهادی، م.ر. 1395. تأثیر ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 250-241.

چکیده

به منظور بررسی اثر ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)، شامل میزان اسانس و درصد ژرانیال، ژرانیل استات، نرال، ژرانیول و نریل استات در اسانس، آزمایشی به صورت فاکتوریل دو عاملی شامل ورمی‌کمپوست (صفر، پنج و 10 تن در هکتار) و کود بیولوژیک نیتروکسین (تلقیح و عدم تلقیح با بذر) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شرکت کشاورزی ران در شهرستان فیروزکوه در سال 1392 انجام گرفت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که بیشترین میزان اسانس (0/128 درصد) در مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست و بیشترین درصد ژرانیل استات در اسانس (31/02 درصد) با مصرف 10 تن ورمی‌کمپوست حاصل گردید. کود بیولوژیک نیتروکسین دارای تأثیر معنی‌داری فقط بر روی درصد ژرانیل استات در اسانس بود، به طوری‌که بیشترین درصد ژرانیل استات در اسانس (30/40 درصد) در تیمار مصرف نیتروکسین (تلقیح با بذر) به دست آمد. همچنین اثرات متقابل در بین عامل‌ها بر روی میزان اسانس و درصد ژرانیل استات، ژرانیول و نریل استات در اسانس، معنی‌دار گردید به طوری‌که بیشترین میزان اسانس (0/167 درصد) و نریل استات در اسانس (2/36 درصد) در تیمار پنج تن ورمی‌کمپوست و عدم مصرف نیتروکسین و نیز بیشترین درصد ژرانیل استات (35/71 درصد) و کمترین درصد ژرانیول (4/79 درصد) در اسانس در تیمار 10 تن ورمی‌کمپوست و مصرف نیتروکسین حاصل گردید. طبق نتایج حاصله، بیشترین کمیت اسانس در تیمار پنج تن ورمی‌کمپوست و عدم مصرف نیتروکسین و بیشترین کیفیت اسانس در تیمار 10 تن ورمی‌کمپوست و مصرف نیتروکسین به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: ژرانیل استات، ژرانیال، فیروزکوه، کود آلی

مقدمه

بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)، گیاهی علفی و یک‌ساله از خانواده نعناعیان[3] است که منشأ آن جنوب سیبری و کوه‌های هیمالیا گزارش شده است. برگ‌ها و ساقه‌های جوان این گیاه معطر و حاوی اسانس هستند. مقدار اسانس با توجه به شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد. اصلی‌ترین ترکیبات شناخته شده در این گیاه شامل ژرانیال، ژرانیل استات، نرال و ژرانیول هستند. اسانس بادرشبی خاصیت ضدباکتریایی دارد و از آن در صنایع داروسازی برای درمان دل درد و نفخ شکم استفاده می‌شود. همچنین از اسانس آن در صنایع غذایی، نوشابه‌سازی و آرایشی و بهداشتی استفاده‌های فراوانی به عمل می‌آید (Omidbaigi, 1997; Hussein et al., 2006; Abdel-Baky & El-Baroty, 2008; Maham et al., 2013).
مصرف کودهای آلی و بیولوژیک نظیر ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*) ضمن حذف یا کاهش کودهای شیمیایی، موجب افزایش کیفیت محصول به ویژه در تولید گیاهان دارویی و حفظ حاصلخیزی خاک در سیستم‌های کشاورزی

1 و 2- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رودهن
(*- نویسنده مسئول: Email: mt_darzi@yahoo.com)

3- Lamiaceae

پایدار و ارگانیک می‌گردد (Sharma, 2002; Kapoor et al., 2004; Wu et al., 2005). در رابطه با پژوهش‌های انجام گرفته درباره کاربرد ورمی‌کمپوست بر کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی، مرادی و همکاران (Moradi et al., 2011) در تحقیقی بر روی گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست به صورت جداگانه و توأم با سایر کودهای آلی و بیولوژیک، سبب بهبود کیفیت اسانس این گیاه گردید. درزی و همکاران (Darzi et al., 2009, 2012, 2013) نیز در مطالعات جداگانه بر روی گیاهان دارویی رازیانه، انیسون (*Pimpinella anisum* L.) و شوید (*Anethum graveolens* L.) شاهد افزایش میزان اسانس و کیفیت آن در اثر مصرف ورمی‌کمپوست بودند. در چند تحقیق دیگر که بر روی گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و در شرایط مزرعه‌ای انجام گرفت، مشاهده گردید که مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش بارز کمیت و کیفیت اسانس گردید (Singh & Ramesh, 2002; Anwar et al., 2005; Geetha et al., 2009). مفاخری و همکاران (Mafakheri et al., 2012) نیز در یک آزمایش گلدانی بر روی گیاه دارویی بادرشبی نشان دادند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب افزایش میزان اسانس و ژرانیل استات در اسانس گردید. همچنین غلامی‌شرفخانه و همکاران (Gholami Sharafkhane et al., 2015) نیز در تحقیقی بر روی مرزه (*Satureja hortensis* L.) مشاهده کردند که کاربرد ورمی‌کمپوست موجب بهبود میزان اسانس در مقایسه با تیمار کود شیمیایی گردید. در خصوص تأثیر باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بر کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی، محفوظ و شرف الدین (Mahfouz & Sharaf Eldin, 2007) و عزاز و همکاران (Azzaz et al., 2009) در تحقیق خود بر روی رازیانه مشاهده کردند که کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن سبب افزایش قابل توجه کیفیت اسانس (درصد آنتول) نسبت به تیمار شاهد گردید. مکی زاده و همکاران (Makkizadeh et al., 2011) نیز در مطالعه خود بر روی گیاه دارویی ریحان ملاحظه نمودند که مصرف تلفیقی دو باکتری *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم*، موجب افزایش معنی‌دار کیفیت اسانس (درصد متیل کاویکول و اوگنول) در مقایسه با شاهد شد. در تحقیقی دیگر نیز گزارش گردید که کاربرد توأم *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* در مقایسه با تیمار شاهد، موجب بهبود میزان اسانس و درصد کارون در اسانس گیاه دارویی شوید شد (Darzi et al., 2012). شرف زاده و همکاران (Sharafzadeh et al., 2012) هم در پژوهشی بر روی آویشن باغی (*Thymus vulgaris* L.) مشاهده نمودند که مصرف باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن (*ازتوباکتر*) در مقایسه با شاهد سبب بهبود قابل ملاحظه درصد تیمول و کارواکرول در اسانس این گیاه دارویی شد. همچنین در پژوهشی بر روی آویشن آشکار گردید که مصرف نیتروکسین موجب افزایش میزان اسانس و درصد تیمول در اسانس شد (Mohammadpour Vashvaei et al., 2015).

هدف از انجام این پژوهش، مطالعه تأثیر ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر میزان اسانس و ترکیبات آن در گیاه دارویی بادرشبی در یک نظام کشاورزی ارگانیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی شرکت کشاورزی و دامپروری ران شهرستان فیروزکوه که در عرض 35 درجه و 45 دقیقه شمالی و طول 52 درجه و 44 دقیقه شرقی و با ارتفاع 1930 متر از سطح دریا واقع شده است در بهار سال زراعی 92-1391 به اجرا در آمد. میانگین بارش سالیانه 296/8 میلی‌متر و متوسط دما حدود هشت درجه سانتی‌گراد است. ابتدا از خاک مزرعه نمونه‌برداری انجام گرفت و مشخص گردید که بافت خاک لومی- رسی و pH آن، 7/6 می‌باشد (جدول 1). پژوهش با استفاده از آزمایش فاکتوریل دو عاملی شامل عامل ورمی کمپوست (V) در سه سطح (v_1=0 ، v_2=5 و v_3=10 تن در هکتار) و عامل کود بیولوژیک نیتروکسین (N) در دو سطح (عدم تلقیح=n_1 و تلقیح با بذر=n_2) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار انجام گرفت. کود نیتروکسین مصرفی، محلولی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن به نام‌های *Azotobacter chroococcum* و *Azospirillum lipoferum* بود که در هر میلی‌لیتر از آن‌ها در حدود 10^8 باکتری فعال وجود داشت. بذر بادرشبی مورد استفاده در این تحقیق نیز، که یک اکوتیپ بوده از شرکت گیاه ایران اصفهان فراهم گردید.

به منظور اجرای آزمایش، اندازه هر کرت به ابعاد 2/28 × 3 متر و حاوی شش ردیف کاشت با فاصله بین ردیف 38 سانتی‌متر و بین دو بوته 10 سانتی‌متر لحاظ گردید. فاصله بین کرت‌ها یک متر و بین تکرارها دو متر در نظر گرفته شدند. کاشت بادرشبی و اعمال تیمارهای آزمایشی بعد از مساعد شدن هوا در بهار در دوازدهم اردیبهشت انجام گرفت. به همین منظور جهت اعمال تیمارهای

ورمی‌کمپوست (جدول 2)، در وسط هر خط کاشت، شیاری در سراسر پشته به عمق پنج سانتی‌متر ایجاد نموده و ورمی‌کمپوست را در داخل شیار ریخته و به وسیله شن‌کش روی آن خاک داده شد. جهت کاشت بادرشبی، نیمی از بذور مورد نیاز با محلول نیتروکسین و به مدت 15 دقیقه تلقیح شدند. سپس در سایه و در معرض هوا خشک گردیده و در عمق دو سانتی‌متری خاک کشت شدند و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. برای اطمینان از جوانه‌زنی و حفظ تراکم در حد مطلوب، در روی هر ردیف بذرها با تراکم بیشتری کشت شده و سپس در مرحله پنج برگی تنک شدند. عملیات مبارزه با علف‌های هرز مزرعه در پنج نوبت به روش مکانیکی و به وسیله دست صورت گرفت. عملیات آبیاری که به صورت سیستم آبیاری قطره‌ای بود، در ابتدا هر سه روز یک‌بار و پس از سبز شدن بذور با توجه به شرایط اقلیمی منطقه هر شش تا هفت روز یک‌بار انجام گردید. از هیچ نوع کود و سموم شیمیایی در طی انجام تحقیق استفاده نگردید. برداشت نهایی در مرحله گلدهی کامل و به مساحت یک مترمربع در هر کرت آزمایشی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه صورت پذیرفت. در این تحقیق صفات میزان اسانس و اجزاء آن شامل درصد ژرانیال، ژرانیل استات، نرال، ژرانیول و نریل استات در اسانس مورد بررسی قرار گرفتند. به منظور تعیین میزان اسانس، از هر کرت آزمایشی یک نمونه 100 گرمی پیکره رویشی خشک شده تهیه کرده که بعد از خرد نمودن به مدت دو تا سه ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری گردید. میزان اسانس (درصد) نیز پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم خشک، محاسبه گردید. جهت آنالیز اسانس و تعیین درصد ترکیبات موجود در آن (ژرانیال، ژرانیل استات، نرال، ژرانیول و نریل استات) از دستگاه گازکروماتوگرافی[1] (GC) و گاز کروماتوگرافی با طیف‌سنج جرمی (GC/Mass) استفاده گردید. دستگاه گاز کروماتوگرافی با طیف‌سنج جرمی مورد استفاده از مدل 5973 Agilent از ستونی به طول 30 متر، قطر داخلی 0/25 میلی‌متر و ضخامت لایه 0/25 میکرومتر از نوع HP-5MS بود. برنامه دمایی آون به این صورت تنظیم شد که دمای ابتدایی آن 50 درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت پنج دقیقه، گرادیان حرارتی سه درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه تا دمای 240 درجه سانتی‌گراد، افزایش دما تا 300 درجه سانتی‌گراد با سرعت 15 درجه در هر دقیقه و سه دقیقه توقف در این دما بود. دمای اتاقک تزریق 290 درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان 0/8 میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9/1) استفاده گردید و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد، انجام گرفت.

نتایج و بحث

میزان اسانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس آزمایش، مبین آن بود که تأثیر عامل ورمی‌کمپوست در سطح یک درصد و اثرات متقابل بین دو عامل ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین در سطح پنج درصد بر میزان اسانس معنی‌دار گردید ولی کود بیولوژیک نیتروکسین تأثیر معنی‌داری بر میزان اسانس بادرشبی نداشت (جدول 3). نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین نیز مبین اختلاف قابل ملاحظه‌ای بود به نحوی که بیشترین مقدار اسانس در تیمار پنج تن ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح با کود بیولوژیک نیتروکسین (0/167 درصد) و کمترین مقدار اسانس در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح با کود بیولوژیک (0/042 درصد) حاصل گردید (جدول 4). همچنین اثر متقابل دو عامل نشان داد که در وضعیت عدم تلقیح و با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست تا پنج تن در هکتار (به ترتیب 0/042 درصد و 0/167 درصد)، میزان اسانس افزایش می‌یابد و سپس با مصرف 10 تن ورمی‌کمپوست (0/141 درصد) تا حدودی ثابت می‌ماند ولی در وضعیت تلقیح با نیتروکسین و با افزایش سطوح مصرف ورمی‌کمپوست تا 10 تن در هکتار (به ترتیب 0/087 درصد، 0/089 درصد و 0/109 درصد) مقدار اسانس تفاوتی نشان نداده و تقریباً بدون تغییر باقی می‌ماند. در مجموع، اثر متقابل بین دو عامل مبین آن بود که در وضعیت تلقیح نیتروکسین با بذر و مصرف ورمی‌کمپوست در مقایسه با عدم تلقیح، میزان اسانس تقلیل می‌یابد. احتمالاً به نظر می‌رسد که مقدار ورمی‌کمپوست مصرفی در این پژوهش، نیاز نیتروژن گیاه را از نظر بهبود وضعیت اسانس بر طرف کرده و لذا کاربرد نیتروکسین در کنار ورمی‌کمپوست، نه تنها اثر مثبت و افزایشی نداشته بلکه در مقایسه با تیمار عدم کاربرد نیتروکسین، اثر کاهشی نیز داشته است.

درصد ژرانیال در اسانس

اطلاعات به دست آمده از تجزیه واریانس آزمایش (جدول 3)،

1- Gas chromatography

بیانگر آن بود که اثر عوامل ورمی‌کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین و اثرات متقابل میان آن‌ها تأثیر معنی‌داری بر درصد ژرانیال در اسانس نداشتند.

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Some physical and chemical characteristics of soil in experimental site

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Potassium available (ppm)
لومی- رسی Loamy-clay	7.6	3.39	0.65	0.055	10	300

جدول 2- برخی خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده

Table 2- Some chemical characteristics of used vermicompost

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر (درصد) Phosphorus (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)
7	1.1	65	4.92	0.61	3.19

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر کمیت و کیفیت اسانس بادرشبی

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of effect of vermicompost and nitroxin on quantity and quality of essential oil of dragonhead

منابع تغییر S. O. V	درجه آزادی df	میزان اسانس Essential oil content	درصد ژرانیال در اسانس Geranial percent in essential oil	درصد ژرانیل استات در اسانس Geranyl acetate percent in essential oil	درصد نرال در اسانس Neral percent in essential oil	درصد ژرانیول در اسانس Geraniol percent in essential oil	درصد نریل استات در اسانس Neryl acetate percent in essential oil
تکرار Replication	2	0.001361^{ns}	0.666666^{ns}	0.666666^{ns}	0.166666^{ns}	0.570416^{ns}	0.000001^{ns}
ورمی کمپوست Vermicompost	2	0.007787^{**}	25.3323^{ns}	39.1064^{*}	11.4978^{ns}	2.43095^{ns}	0.67200^{ns}
نیتروکسین Nitroxin	1	0.002048^{ns}	0.198450^{ns}	95.2200^{**}	0.583200^{ns}	0.966050^{ns}	0.110450^{ns}
ورمی‌کمپوست× نیتروکسین Vermicompost × nitroxin	2	0.005816^{*}	19.4599^{ns}	75.6438^{**}	8.20905^{ns}	3.82535^{*}	0.606200^{*}
خطای آزمایش Experimental error	10	0.001006	8.66666	6.66666	5.76666	0.718416	0.088000

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

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

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نیتروکسین بر برخی صفات مورد مطالعه بادرشبی

Table 4- Means comparison of intraction of vermicompost and Nitroxin on some traits studied of dragonhead

تیمار Treatment		میزان اسانس (درصد)	درصد ژرانیل استات در اسانس	درصد ژرانیول در اسانس	درصد نریل استات در اسانس
ورمی‌کمپوست (تن در هکتار) Vermicompost ($t.ha^{-1}$)	نیتروکسین Nitroxin	Essential oil content (%)	Geranyl acetate in essential oil	Geraniol in essential oil	Neryl acetate in essential oil
صفر	عدم تلقیح Non-inoculated	0.042 c*	23.05 c	5.83 ab	1.73 b
	تلقیح با بذر Inoculated seeds	0.087 bc	31.04 ab	7.18 a	2.34 a
پنج	عدم تلقیح Non-inoculated	0.167 a	28.04 bc	5.81 ab	2.36 a
	تلقیح با بذر Inoculated seeds	0.089 bc	24.48 c	4.73 b	1.79 ab
10	عدم تلقیح Non-inoculated	0.141 ab	26.33 bc	6.45 a	1.66 b
	تلقیح با بذر Inoculated seeds	0.109 b	35.71 a	4.79 b	2.09 ab

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

* Means, in each column followed by at least on letter in common are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test.

درصد ژرانیل استات در اسانس

نتایج تجزیه واریانس آزمایش، مبین آن بود که تأثیر عامل کود بیولوژیک نیتروکسین و اثر متقابل بین عامل‌ها در سطح یک درصد و ورمی‌کمپوست در سطح پنج درصد بر درصد ژرانیل استات در اسانس معنی‌دار گردید (جدول 3). نتیجه مقایسه میانگین اثر متقابل ورمی‌کمپوست و نیتروکسین نیز مبین اختلاف قابل ملاحظه‌ای بود به نحوی که بیشترین درصد ژرانیل استات در تیمار مصرف 10 تن ورمی‌کمپوست و تلقیح با نیتروکسین (35/71 درصد) و کمترین مقدار در تیمار عدم مصرف ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح با کود بیولوژیک (23/05 درصد) به دست آمد (جدول 4). اثر متقابل دو عامل نشان داد که در وضعیت عدم تلقیح و با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست (به ترتیب 23/05 درصد، 28/04 درصد و 26/33 درصد) مقدار ژرانیل استات در اسانس از نظر آماری تفاوتی با هم نداشتند ولی در وضعیت تلقیح و با افزایش ورمی‌کمپوست از پنج تن به 10 تن در هکتار (به ترتیب 24/48 درصد و 35/71 درصد) درصد ژرانیل استات در اسانس به طرز چشمگیری افزایش می‌یابد که این مسئله مبین تأثیر مثبت و افزاینده عوامل مورد مطالعه بر برخی اجزاء اسانس در شرایط مزرعه آزمایشی می‌باشد. برخی مطالعات هم حاکی از آن است که اثر متقابل بین کودهای آلی و بیولوژیک منجر به بهبود کیفیت اسانس در گیاهان دارویی می‌شود (Harshavardhan et al., 2007; Padmapriya & Chezhyian, 2009; Darzi et al., 2012).

درصد نرال در اسانس

تجزیه واریانس آزمایش، نشان داد که تأثیر هر دو عامل و اثر متقابل بین آن‌ها بر درصد نرال در اسانس معنی‌دار نشد (جدول 3).

درصد ژرانیول در اسانس

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس آزمایش، مبین آن بود که فقط اثر متقابل بین ورمی‌کمپوست و نیتروکسین در سطح پنج درصد بر درصد ژرانیول در اسانس معنی‌دار گردید (جدول 3). مقایسه میانگین اثرات متقابل دو عامل ورمی‌کمپوست و نیتروکسین دارای اختلاف معنی‌داری بود به طوری‌که بیشترین درصد ژرانیول در تیمار

تلقیح با بذر و عدم مصرف ورمی‌کمپوست (7/18 درصد) و کمترین درصد ژرانیول در تیمار تلقیح با بذر و مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست (4/73 درصد) حاصل شد (جدول 4). اثر متقابل دو عامل نشان داد که در وضعیت عدم تلقیح و با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست (به ترتیب 5/83 درصد، 5/81 درصد و 6/45 درصد) مقدار ژرانیول در اسانس از نظر آماری اختلافی با هم نداشتند ولی در وضعیت تلقیح و با افزایش ورمی‌کمپوست از صفر به پنج تن در هکتار (به ترتیب 7/18 درصد و 4/73 درصد)، میزان ژرانیول در اسانس به طرز بارزی تقلیل یافته و در مصرف بیشتر ورمی‌کمپوست (10 تن)، مقدار آن تغییری نمی‌کند (4/79 درصد). در تفسیر نتیجه به دست آمده از اثر متقابل میان ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، می‌توان اظهار داشت که در حضور توأم کودهای آلی و بیولوژیک یک اثر کاهنده و بازدارنده بر روی بعضی اجزاء اسانس مشاهده گردید و منجر به کاهش درصد ژرانیول در اسانس شد. در همین رابطه، گزارش درزی و همکاران (Darzi et al., 2009) هم نشان داد که اثر متقابل میکوریزا و ورمی‌کمپوست موجب تشدید اثر کاهندگی بر روی میزان فنکون در اسانس گیاه دارویی رازیانه گردید.

درصد نریل استات در اسانس

تجزیه واریانس آزمایش، بیانگر آن بود که تنها اثر متقابل بین ورمی‌کمپوست و نیتروکسین در سطح پنج درصد بر درصد نریل استات در اسانس معنی‌دار گردید (جدول 3). مقایسه میانگین اثرات متقابل بین عامل‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود به طوری‌که بیشترین درصد نریل استات در تیمار مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح (2/36 درصد) و کمترین میزان در تیمار 10 تن ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح (1/66 درصد) به دست آمد (جدول 4). اثر متقابل دو عامل نشان داد که در وضعیت عدم تلقیح، با افزایش مصرف ورمی‌کمپوست از صفر به پنج تن در هکتار، میزان نریل استات در اسانس افزایش یافته (به ترتیب 1/73 درصد و 2/36 درصد) و در مصرف بیشتر ورمی‌کمپوست (10 تن)، از مقدار نریل استات کاسته می‌شود (1/66 درصد) ولی در وضعیت تلقیح با بذر و با افزایش سطوح ورمی‌کمپوست (به ترتیب 2/34 درصد، 1/79 درصد و 2/09 درصد) مقدار نریل استات در اسانس از نظر آماری اختلافی با هم نداشتند. همان‌طور که پیش تر مشاهده گردید، اثر متقابل دو عامل بر اجزاء اسانس از یک رویه مشابهی برخوردار نیست و به نظر می‌رسد که این مسئله بیشتر تحت تأثیر عامل ورمی‌کمپوست و مقادیر مصرف آن می‌باشد. در این‌جا نیز در وضعیت عدم کاربرد نیتروکسین و مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست، یک تأثیر افزایشی و با مصرف بیشتر ورمی‌کمپوست (10 تن در هکتار) یک اثر کاهشی بر روی درصد نریل استات در اسانس مشاهده می‌گردد. در همین خصوص در تحقیقی بر روی گیاه شوید ملاحظه گردید که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن دارای یک تأثیر افزاینده در تیمار مصرف چهار و هشت تن ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و نیز یک اثر کاهنده در تیمار مصرف 12 تن ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد باکتری بر روی میزان کارون اسانس بود (Darzi et al., 2012).

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد ورمی‌کمپوست از طریق بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش دسترسی به عناصر غذایی بر روی بهبود کمیت و کیفیت اسانس گیاه دارویی بادرشبی مؤثر بوده است، به طوری‌که در تیمار مصرف پنج تن ورمی‌کمپوست و عدم مصرف نیتروکسین بیشترین کمیت یا میزان اسانس به دست آمد و به نظر می‌رسد که مصرف ورمی‌کمپوست به تنهایی، نیاز غذایی گیاه به ویژه نیتروژن را از نظر بهبود میزان اسانس مرتفع نموده و لذا کاربرد نیتروکسین در کنار ورمی‌کمپوست، نقشی بر روی افزایش میزان اسانس نداشت. اما در خصوص کیفیت اسانس می‌توان اظهار داشت که کاربرد نیتروکسین در کنار مصرف ورمی‌کمپوست بیشترین اثر مثبت و تشدیدکننده را بر روی ترکیب اصلی و معنی‌دار اسانس یعنی ژرانیل استات داشت به طوری‌که بیشترین کیفیت اسانس (درصد ژرانیل استات در اسانس) در تیمار کاربرد تلفیقی 10 تن ورمی‌کمپوست و مصرف نیتروکسین حاصل گردید. البته این رویه در خصوص ترکیب با مقدار کمتر در اسانس یعنی ژرانیول به صورت کاهشی مشاهده گردید. در مجموع به نظر می‌رسد که عامل ورمی‌کمپوست نقش مؤثرتری بر روی کمیت و کیفیت اسانس بادرشبی در این تحقیق ایفاء کرده باشد و این مسئله احتمالاً یکی به ویژگی‌های ورمی‌کمپوست نظیر وجود مواد آلی و فراوانی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در آن و دیگری به منبع و کیفیت ورمی‌کمپوست مورد استفاده بر می‌گردد.

منابع

Abdel-Baky, H.H., and El-Baroty, G.S. 2008. Chemical and biological evaluation of the essential oil of Egyptian moldavian balm (*Dracocephalum moldavica* L.). International Journal of Integrative Biology 3(2): 202-208.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A., and Khanuja, S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis 36(13-14): 1737-1746.

Azzaz, N.A., Hassan, E.A., and Hamad, E.H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Science 3(2): 579-587.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sephidkon, F., and Rejali, F. 2009. Effects of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24(4): 396-413. (In Persian with English Summary)

Darzi, M.T., Haj Seyed Hadi, M.R., and Rejali, F. 2012. Effects of the application of vermicompost and nitrogen fixing bacteria on quantity and quality of the essential oil in dill (*Anethum graveolens*). Journal of Medicinal Plants Reseach 6(21): 3793-3799.

Darzi, M.T., Hadj Seyed Hadi, M.R., and Rejali, F. 2013. Effects of vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in anise. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(3): 583-594. (In Persian with English Summary)

Geetha, A., Rao, P.V., Reddy, D.V., and Mohammad, S. 2009. Effect of organic and inorganic fertilizers on macro and micro nutrient uptake, oil content, quality and herbage yield in sweet basil (*Ocimum basilicum*). Research on Crops 10(3): 740-742.

Gholami Sharafkhane, E., Jahan, M., Banayan Avval, M., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2015. The effect of organic, biological and chemical fertilizers on yield, essential oil percentage and some agroecological characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.) under Mashhad conditions. Journal of Agroecology 7(2): 179-189. (In Persian with English Summary)

Harshavardhan, P.G., Vasundhara, M., Shetty, G.R., Nataraja, A., Sreeramu, B.S., Gowda, M.C., and Sreenivasappa, K.N. 2007. Influence of spacing and integrated nutrient management on yield and quality of essential oil in lemon balm (*Mellisa officinalis* L). Biomed 2(3): 288-292.

Hussein, M.S., El-Sherbeny, S.E., Khalil, M.Y., Naguib, N.Y., and Aly, S.M. 2006. Growth characters and chemical constituents of *Dracocephalum moldavica* L. plants in relation to compost fertilizer and planting distance. Scientia Horticulturae 108: 322-331.

Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgare* Mill. On mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.

Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2012. Effect of vermicompost, biophosphate and *Azotobacter* on quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 596-605. (In Persian with English Summary)

Maham, M., Akbari, H., and Delazar, A. 2013. Chemical composition and antinociceptive effect of the essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. Pharmaceutical Sciences 18(4): 187-192.

Mahfouz, S.A., and Sharaf Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophisics 21(4): 361-366.

Makkizadeh, M., Nasrollahzadeh, S., Zehtab Salmasi, S., Chaichi, M., and Khavazi, K. 2011. The effect of organic, biologic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of sweet basil *(Ocimum basilicum* L.). Journal of Agriculture Science and Sustainable Production 22(1): 1-12. (In Persian with English Summary)

Mohammadpour Vashvaei, R., Galavi, M., Ramroudi, M., and Fakheri, B.A. 2015. Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 7(2): 237-253. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nejad Ali, A. 2011. The effect of application of organic and biological fertilizers on quantity and quality of essential oil in fennel (*Foeniculum vulgare*). Journal of Horticultural Science 25(1): 25-33. (In Persian)

Omidbaigi, R. 1997. Approaches to production and processing of medicinal plants. Tarrahane Nashr 424 pp. (In Persian)

Padmapriya, S., and Chezhiyan, N. 2009. Effect of shade, organic, inorganic and biofertilizers on morphology, yield and quality of turmeric. Indian Journal of Horticulture 66(3): 333-339.

Sharafzadeh, S., Ordookhani, K., and Naseri, S. 2012. Influence of different strains of *Azotobacter* on essential oil components of garden thyme. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 2(9): 301-304.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India 407 pp.

Singh, M., and Ramesh, S. 2002. Response of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to organic and inorganic fertilizer in semi-arid tropical conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Science 24(4): 947-950.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 241-250

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 250-241

Effects of Vermicompst and Nitroxin Biofertilizer on Quantity and Quality of Essential Oil of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.)

H. Sajjadi Niaki[1], M.T. Darzi[2*] and M.R. Haj Seyed Hadi[2]
Submitted: 19-11-2014
Accepted: 05-04-2015

Sajjadi Niaki, H., Darzi, M.T., and Haj Seyed Hadi, M.R. 2016. Effects of Vermicompst and Nitroxin Biofertilizer on Quantity and Quality of Essential Oil of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Agroecology 8(2): 241-250.

Introduction

Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) is an annual herbaceous aromatic plant and belongs to Lamiaceae family. It is native to south of Siberia and Himalayan hillsides. The essential oil content shows great variation due to plant origin. The main constituents of dragonhead essential oil have been reported as geranial, geranyl acetate, neral and geraniol. Using organic manures and biofertilizers such as vermicompost and nitrogen fixing bacteria contain azotobacter and azospirillum has led to a decrease in the application of chemical fertilizers and has provided high quality agricultural products. Several studies have shown that organic and bio-fertilizers application such as vermicompost and Nitroxin can increase quantity and quality of essential oil of medicinal plants of dragonhead, anise and thyme (Darzi et al., 2013; Mafakheri et al., 2012; Mohammadpour Vashvaei et al., 2015). Therefore, the main objective of the present field experiment was to investigate the effects of vermicompst and Nitroxin biofertilizer on quantity and quality of essential oil of dragonhead.

Materials and methods

An experiment was conducted as afactorial experiment in the base of randomized complete blocks design with six treatments and three replications at research field of Agriculture Company of Ran in Firouzkuh of Iran in 2013. The factors were Vermicompost in three levels (0, 5 and 10 $t.ha^{-1}$) and Nitroxinbiofertilizer (inoculated seeds and non-inoculated). Inoculation was carried out by immersing the dragonhead seeds in the cells suspension of 10^8 CFU/ml for 15 min. The required quantities of vermicompost were applied and incorporated to the top 5 cm layer of soil in the experimental beds before planting of dragonhead seeds. Each experimental plot was 3 m long and 2.28 m wide with the spacing of 10 cm between the plants and 38 cm between the rows. There was a space of one meter between the plots and 2 meters between replications. In this study, quantitative and qualitative traits of dragonhead essential oil content, granial percent, granyl acetate percent, neral percent, graniol percent and neryl acetate percent in essential oil were evaluated. For determine the essential oil content (%), about 100 g dried herb of dragonhead (dried in shadow) as sample from the each plot were selected and then were subjected to hydro-distillation (Clevenger type apparatus) for 2 till 3 hours. For identifying the essential oil components, essential oil fraction was collected and subjected to GC and GC/MS (gas chromatography and gas chromatography-mass spectrometry) analysis. Analysis of variance by using SAS software and mean comparisons by Duncan's multiple range test (at the 5% probability level) was done.

Results and discussion

The present resultsshow that the highest essential oil content in applying 5 $t.ha^{-1}$ vermicompost and the maximum geranyl acetate in essential oil in applying 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost were obtained. Nitroxin biofertilizer showed significant effects on geranyl acetate in essential oil only, as the highest geranyl acetate were obtained by using the Nitroxin (inoculated seeds). Also, the intractions effect of factors on essential oil content, geranyl acetate, graniol and neryl acetate in essential oil were significant, as the highest essential oil content and neryl acetate percent at treatment of 5 $t.ha^{-1}$ vermicompost and without application of Nitroxin and the maximum geranyl acetate and the lowest geraniol in essential oil at treatment of 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost and application of Nitroxin were obtained. According to the results of this study, the maximum essential oil quantity at treatment of 5 $t.ha^{-1}$ vermicompost and without application of Nitroxin and the highest essential oil quality at treatment of 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost and application of Nitroxin were obtained.

1 and 2- MSc Student of Agronomy and Associated Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Roudehen Branch, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: mt_darzi@yahoo.com)

Conclusion

Vermicompost application positively influenced on quantity and quality of essential oil dragonhead, as the highest essential oil content in treatment of application of 5 $t.ha^{-1}$ vermicompost and the highest essential oil quality in treatment of integrated application of 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost and Nitroxin were obtained. On the base of research results, organic and bio-fertilizers application such as vermicompost and Nitroxin in a sustainable agriculture system can be caused in improvement of qualitative characters of dragonhead.

Keywords: Firouzkuh, Geranial, Geranyl acetate, Organic fertilizer

References

Mafakheri, S., Omidbaigi, R., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2012. Effect of vermicompost, biophosphate and *Azotobacter* on quantity and quality of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 596-605. (In Persian with English Summary)

Darzi, M.T., Hadj Seyed Hadi, M.R., and Rejali, F. 2013. Effects of vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oil in anise. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(3): 583-594. (In Persian with English Summary)

Mohammadpour Vashvaei, R., Galavi, M., Ramroudi, M., and Fakheri, B.A. 2015. Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 7(2): 237-253. (In Persian with English Summary)

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 262-251

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 251-262

جریان انرژی در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری با تأکید بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید الکتریسیته و استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات

عاطفه بیانی[1]، لیلی ابولحسنی[2*] و ناصر شاهنوشی[3]

تاریخ دریافت: 1393/12/25
تاریخ پذیرش: 1394/11/19

بیانی، ع.، ابولحسنی، ل.، و شاهنوشی، ن. 1395. جریان انرژی در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری با تأکید بر انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از تولید الکتریسیته و استفاده از ماشین‌آلات و تجهیزات. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 262-251.

چکیده

این پژوهش جهت بررسی جریان انرژی و انتشار گاز گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن در واحدهای پرورش سنتی گاوهای شیری در استان مازندران اجرا شد. اطلاعات از طریق تکمیل پرسشنامه و مصاحبه حضوری با 26 گاودار در سال 1393 جمع‌آوری شد. نتایج نشان داد که مجموع انرژی‌های ورودی برای تولید یک لیتر شیر 27/745 مگاژول بوده است. دو نهاده خوراک دام و سوخت به ترتیب با 47/4 و 28/5 درصد، پرمصرف‌ترین نهاده‌های انرژی بودند. کارایی انرژی در مقایسه با بهترین حالت مصرف انرژی که مقدار ارزشی آن عدد یک است و نشان‌دهنده شرایطی است که حداکثر بهره‌برداری از انرژی وارد شده به سیستم صورت می‌گیرد، 0/257 به دست آمد. سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در تولید یک لیتر شیر به ترتیب 48/2 و 51/8 درصد محاسبه شد. مجموع گازهای گلخانه‌ای (شامل CO_2، CH_4، N_2O) که به دلیل تولید الکتریسیته و استفاده از ماشین‌آلات منتشر می‌شود، 0/622 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن به ازای تولید یک لیتر شیر محاسبه شد. در بین نهاده‌های مورد بررسی، دو نهاده ماشین‌ها و تجهیزات و سوخت به ترتیب با 72/3 و 25/7 درصد، بیشترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را در تولید شیر داشتند. با توجه به یافته‌ها جایگزین نمودن نهاده‌های کم‌مصرف انرژی به جای نهاده‌های پرمصرف انرژی با نوشتن اصول جیره‌نویسی صحیح به طوری‌که افت عملکرد و کاهش بهره‌وری در خروجی واحدها مشاهده نشود، پیشنهاد می‌شود. همچنین، با توجه به این‌که ماشین‌آلات و سوخت بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داده، می‌توان با جایگزین نمودن ماشین‌آلات با مصرف گاز طبیعی با ماشین‌آلات با سوخت دیزل از طرفی مقدار انرژی کم‌تری برای تولید یک لیتر شیر صرف نمود و از طرف دیگر آثار سوء زیست‌محیطی را به کمترین مقدار خود رساند.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری، ستاده، کارایی انرژی و نهاده

مقدمه

انرژی یک کالای مهم تجاری محسوب می‌شود که بیش‌ترین سهم را در تجارت بین‌المللی دارد. ایران یکی از کشورهای در حال توسعه صنعتی و غنی از منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر[4] و سوخت‌های فسیلی است.

این فراوانی نسبی منابع انرژی‌های تجدیدناپذیر منجر به افزایش مصرف سرانه انرژی در مقایسه با کشورهایی با ساختار مشابه و منابع انرژی کم‌تر شده است (Zare & Ziaabadi, 2011). به طوری‌که بر اساس مطالعات انجام شده، مصرف سرانه انرژی در کشور ایران در مقایسه با اغلب کشورهای عضو اپک بیش‌تر است (MOE, 2010). این در حالی است که تنها یک درصد انرژی در ایران از منابع

1، 2 و 3- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استادیار و استاد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: l.abolhasani@um.ac.ir)

4- Non-renewable energy

تجدیدپذیر[1] تأمین می‌شود (Bakhoda et al., 2012). حال آن‌که در ایران به صورت بالقوه توانایی استخراج انرژی از منابع تجدیدپذیر از جمله باد، خورشید، زیست‌توده و ... وجود دارد (Kitani, 1999; Ghobadian, 2012; O'Brien et al., 2014) و از طریق توجه و سرمایه‌گذاری در استخراج انرژی از منابع تجدیدپذیر، قابلیت افزایش سهم این منابع در مصرف سرانه انرژی در بخش‌های مختلف، اعم از کشاورزی و صنعتی وجود دارد.

در سالیان اخیر با توجه به افزایش جمعیت و افزایش تقاضا برای مواد غذایی، سعی بر برآورده کردن این تقاضا از طریق افزایش سطح زیر کشت و همچنین افزایش تولید در واحد سطح شده است که موجب مصرف بیشتر منابع و نهاده‌ها در بخش کشاورزی و در نتیجه سبب ایجاد تأثیرات منفی در محیط زیست است. رشد اقتصادی صورت گرفته در دو دهه گذشته توسط مصرف سوخت‌های فسیلی در مقیاس زیاد، منجر به افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آب و هوایی شده است (Liang et al., 2013).

بخش کشاورزی به عنوان یکی از بخش‌های مهم مصرف‌کننده انرژی در ایران حدود 40 درصد انتشار کل را به خود اختصاص داده است، در حالی است که سهم بخش کشاورزی در انتشار دو گاز و حدود دو درصد است (Energy the Balance Sheet, 2008). نتایج بعضی از بررسی‌ها مشخص نموده که کشاورزی سهم زیادی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد که منبع انتشار آن‌ها سوخت‌های فسیلی مورد استفاده هستند (Laegreid, 1999). لذا ضرورت نگاه ویژه به فعالیت‌های این بخش با رویکرد مدیریت در محیط زیست وجود دارد. در این مطالعه به یکی از منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی یعنی دامپروری پرداخته شده است.

بخش دامپروری یکی از منابع مهم تأمین غذا برای جمعیت در حال رشد بوده و در راستای تأمین و امنیت غذایی جامعه نقش اساسی ایفا می‌کند. همچنین فرآورده‌های صنعت دامپروری از جمله تولید شیر در سبد غذایی جامعه از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. میزان شیر تولیدی در کشور ایران از سال 2000 میلادی با تولیدی در حدود پنج میلیون تن به بیش از هفت میلیون تن در سال 2012 میلادی رسیده است (FAO, 2012).

تحقیقاتی در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری انجام شده است که از جمله آن‌ها می‌توان به تحقیقی روی میزان نشر گازهای گلخانه‌ای و هزینه‌های زیست‌محیطی ناشی از آن در گاوداری‌های شیری در مشهد اشاره کرد. این مطالعه به بررسی انرژی مصرفی فرآیند تولید نپرداخته است و در این زمینه بحثی نداشته است (Ghorbani et al., 2010). مطالعه و مقایسه‌ای در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای تولید شیر در مزارع پرورش گاو شیری در سه کشور ایرلند، انگلستان و ایالات متحده آمریکا صورت گرفت. به طوری‌که دو نهاده سوخت دیزل و الکتریسیته بالاترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را به خود اختصاص داد (Ozkan et al., 2004). تحقیقی در 50 واحد پرورش گاو شیری در ایالات متحده آمریکا صورت گرفت. میانگین کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای یک لیتر شیر 0/20 کیلوگرم دی-اکسیدکربن معادل گزارش شد (Ubbels & Bouman, 1979). مطالعه دیگری در زمینه انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری در کشور اکوادور صورت گرفت. کل گاز متان تولیدی از تخمیر روده‌ای به ازای یک رأس گاو 1323 دی‌اکسیدکربن معادل گزارش شد (Cornejo & Wilkie, 2010). در مطالعه‌ای شاخص‌های انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری در استان تهران مورد بررسی قرار گرفت. میزان کل انرژی‌های ورودی و کارایی انرژی به ترتیب 53101/99 مگاژول به ازای هر رأس گاو و 1/15 گزارش شد. بیش‌ترین نهاده انرژی مصرفی خوراک دام و بعد از آن سوخت دیزل بود. این نهاده بیش‌ترین انتشار گازهای گلخانه‌ای را با سهمی حدود 72 درصد داشت. دومین نهاده از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای الکتریسیته با سهمی حدود 22 درصد بود. میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای به ازای یک رأس گاو 695/53 دی‌اکسیدکربن معادل گزارش شد (Sephidpari et al., 2013). همچنین مطالعات دیگری در زمینه انرژی مصرفی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای پرورش گاو شیری صورت گرفته است (Beukes et al., 2010; Christie et al., 2011; Hosseini et al., 2013).

با توجه به این‌که تاکنون مطالعه جامعی در زمینه بررسی جریان انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری در استان مازندران صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از این مطالعه بررسی انرژی مصرفی و سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر و همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری در شهر ساری بود.

1- Renewable energy

مواد و روش‌ها

این پژوهش در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری واقع در روستاهای شهر ساری صورت گرفت. اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه در سال 1393 جمع‌آوری گردید. حجم نمونه با استفاده از فرمول کوکران (Arghami et al., 2010) 36 واحد تعیین شد، ولی به دلیل عدم همکاری مدیران واحدهای تولیدی در نهایت تعداد 26 پرسشنامه تکمیل گردید و نتایج حاصل از آن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مشخصات مربوط به واحدهای مورد مطالعه در جدول 1 ارائه شده است. در این بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی مربوط به شیر تولیدی 159 رأس گاو شیری مورد بررسی قرار گرفته است.

جدول 1- مشخصات و ویژگی‌های واحدهای سنتی تولید شیر در شهر ساری

Table 1- Characteristics of traditional units of milk production in dairy farms of Sari

عنوان **Title**	مشخصات **Characteristics**
نژاد Race	دورگ (هلشتاین، سیمینتان و آمریکایی) Crossbred (Holstein, Simintan & American)
تعداد کل گاو (رأس) The total number of cattle (Head)	462
تعداد گاو شیری Number of dairy cattle	159
تعداد گاو خشک Number of non-dairy cattle	95
تعداد تلیسه The number of cattle	66
تعداد گوساله ماده The number of heifers	64
تعداد گوساله نر The number of male calves	48
تعداد گاو نر The number of bull	30
میانگین عملکرد تولید شیر (کیلوگرم در روز) The average of milk yield (kg per day)	11
میانگین جیره خوراکی خشک (کیلوگرم در روز) Mean dry ration (kg per day)	20

نحوه بررسی انرژی‌های ورودی و خروجی

در این مطالعه پنج نهاده انرژی شامل نیروی انسانی، خوراک دام، سوخت دیزل، الکتریسیته و ماشین‌ها و تجهیزات به عنوان نهاده‌های ورودی و مستقل و شیر تولیدی به عنوان نهاده خروجی و وابسته در نظر گرفته شدند. انرژی‌های مستقیم در این پژوهش نیروی انسانی، سوخت دیزل، الکتریسیته و انرژی‌های غیر مستقییم ماشین‌ها و تجهیزات و خوراک دام می‌باشند (Kitani, 1999). معادله‌های ورودی‌ها و خروجی در جدول 2 ارائه شده است. شاخص‌های انرژی شامل کارایی انرژی از نسبت انرژی خروجی به ورودی، بهره‌وری انرژی از نسبت عملکرد به انرژی ورودی و انرژی ویژه از نسبت انرژی ورودی به عملکرد (معکوس بهره‌وری) و افزوده انرژی به ازای هر رأس گاو از طریق معادله‌های 1 تا 4 محاسبه شدند:

$$\text{کارایی انرژی} = \frac{\text{انرژی خروجی (مگاژول بر واحدامی)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر واحدامی)}} \qquad (1)$$

$$\text{بهره وری} = \frac{\text{عملکرد (کیلوگرم بر واحدامی)}}{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر واحدامی)}} \qquad (2)$$

$$\text{انرژی ویژه} = \frac{\text{انرژی ورودی (مگاژول بر واحدامی)}}{\text{عملکرد (کیلوگرم بر واحدامی)}} \qquad (3)$$

$$\text{افزوده انرژی} = \text{انرژی خروجی (مگاژول بر واحدامی)} \quad \text{انرژی ورودی (مگاژول بر واحدامی)} \qquad (4)$$

جدول 2- معادل‌های انرژی ورودی و خروجی در واحدهای پرورش سنتی گاو شیری

Table 2- Energy equivalents of energy input and output for traditional units

عنوان Title	مگاژول/واحد MJ.unit^{-1}	منبع Reference
نیروی انسانی (ساعت) Labour (hr)	1.96	(Kraatz, 2012)
ماشین‌ها و ادوات (ساعت) Machines and equipment (hr)	62.7	(Singh & Mittal,1992)
سوخت‌های فسیلی Fossil fuels		
گازوئیل (لیتر) Gasoline (Liter)	47.8	(Kraatz, 2012)
گاز طبیعی (مترمکعب) Natural gas (m^3)	49.5	(Kraatz, 2012)
الکتریسیته (کیلووات ساعت) Electricity (kwhr)	11.93	(Divya et al., 2012)
خوراک دام (کیلوگرم) Feed (kg)		
کنسانتره (کیلوگرم) Concentrate (kg)	6.3	(Sainz, 2003)
سیلو (کیلوگرم) Silage (kg)	2.2	(Yaldiz et al., 1993)
یونجه (کیلوگرم) Alfalfa (kg)	1.5	(Shortall & Barnes, 2013)
کاه گندم (کیلوگرم) Wheat straw (kg)	12.5	(Sainz, 2003)
نهاده خروجی Output		
شیر (لیتر) Milk (L)	7.14	(Coley et al., 1998)

جدول 3- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای نهاده‌های مصرفی در تولید شیر

Table 3- Greenhouse gas emission coefficients of used inputs in milk production

نهاده **Input**	واحد **Unit**	ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای **Greenhouse gas emission coefficient** (کیلوگرم دی‌اکسیدکربن معادل/واحد) **(kg Co_2 eq.unit^{-1})**	منبع **Reference**
سوخت (گازوئیل) Fuels(gasoline)	لیتر L	2.76	(Dyer & Desjardins, 2003)
الکتریسیته Electricity	کیلووات ساعت kWhr	0.608	(Liang et al., 2013)
ماشین‌ها و تجهیزات Machines and equipment	مگاژول MJ	0.071	(Dyer & Desjardins, 2003)

روش بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای

این تحقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای (شامل N_2O ،CH_4 ،CO_2) بر حسب دی‌اکسیدکربن برای نهاده‌های سوخت، الکتریسیته، ماشین‌ها و تجهیزات در واحد پرورش سنتی گاو شیری مورد بررسی قرار گرفت. ضرایب انتشار هر یک از این نهاده‌ها در جدول 3 ارائه شده است.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به این مطالعه در چهار بخش ذیل شامل جریان انرژی، میزان مصرف انرژی، بهره‌وری و کارایی نسبی انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای خلاصه می‌شود.

جریان انرژی در واحدهای پرورش سنتی گاو شیری

در جدول 4 جریان انرژی‌های ورودی و خروجی در واحدهای پرورش سنتی گاو شیری در شهر ساری آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود از بین نهاده‌های ورودی، انرژی مصرفی خوراک دام با سهمی حدود 47/4 درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. به نحوی‌که انرژی مصرفی برای این نهاده به ازای تولید یک لیتر شیر به میزان 13/15 مگاژول بود. سوخت‌های فسیلی دومین نهاده ورودی از لحاظ مصرف انرژی بود. به طوری‌که سهم انرژی مصرفی آن از کل انرژی مصرفی به ازای تولید یک لیتر شیر به میزان 28/5 درصد بود. و میزان انرژی مصرفی آن 7/89 مگاژول به ازای تولید یک لیتر شیر بود. سفیدپری و همکاران (Sephidpari et al., 2013) در بررسی واحدهای پرورش صنعتی گاو شیری در استان تهران نیز دو نهاده انرژی خوراک دام و سوخت را به عنوان بیشترین نهاده‌های مصرف‌کننده انرژی مطرح نمودند. به نحوی‌که هر یک از این نهاده‌ها به ترتیب 78 و 15 درصد از مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند. همچنین آن‌ها الکتریسیته را به عنوان سومین نهاده پر مصرف انرژی معرفی نمودند، در حالی‌که در پژوهش حاضر ماشین‌ها و تجهیزات، با سهمی برابر 22/8 درصد سومین نهاده پرمصرف انرژی می‌باشد. بر اساس مشاهدات انجام گرفته از واحدهای تولیدی، به نظر می‌رسد که دلیل این اختلاف استفاده از ماشین‌آلات کهنه و فرسوده می‌باشد که مصرف بیشتر انرژی را به همراه دارد.

میزان مصرف انرژی در فرایند تولید شیر

میزان مصرف انرژی ماشین‌ها و تجهیزات به ازای تولید یک لیتر شیر 6/32 مگاژول بود. در پژوهش مائول و همکاران (Meul et al., 2007) نیز که به ارزیابی کارایی انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری پرداختند، نهاده خوراک دام با سهم بالای 70 درصد بیش‌ترین مقدار انرژی مصرفی را به خود اختصاص داد. در ارزیابی انرژی مصرفی در تولید شیر در کشور هند، دو نهاده خوراک دام و نیروی انسانی بالاترین سهم را داشتند (Sainz, 2003)، در حالی‌که در پژوهش حاضر انرژی مصرفی نیروی انسانی جزو نهاده‌های کم‌مصرف انرژی بود. در همان مطالعه دو نهاده سوخت و الکتریسیته در رتبه‌های سوم و چهارم از لحاظ میزان مصرف انرژی قرار داشتند (Sainz, 2003). ویس و همکاران (Weiss et al., 2010) در کشور ایرلند سهم نهاده مصرفی الکتریسیته را به عنوان بالاترین نهاده مصرف انرژی در تولید شیر معرفی نمودند، در حالی‌که در این مطالعه الکتریسیته با سهمی حدود 0/5 درصد از انرژی مصرفی کل، کمترین میزان مصرف انرژی را به خود اختصاص داد.

جدول4- مقدار انرژی ورودی و خروجی در واحد پرورش گاو شیری
Table 4- Energy input and output in traditional units

نهاده‌ها Inputs	مگاژول بر لیتر $MJ.L^{-1}$
نیروی انسانی Labour	0.24
ماشین‌ها و تجهیزات Machines and equipment	6.32
سوخت‌های فسیلی Fossil fuels	
گازوئیل Gasoline	7.59
گاز طبیعی Natural gas	0.3
الکتریسیته Electricity	0.145
خوراک دام Feed	13.15
نهاده خروجی Output	
شیر Milk	7.14

میزان انرژی مصرفی نیروی انسانی به ازای تولید یک لیتر شیر در روز 0/24 مگاژول بود. سهم این نهاده نیز از مجموع نهاده‌های انرژی مصرفی 0/8 درصد می‌باشد. این نهاده به همراه الکتریسیته دو نهاده کم‌مصرف انرژی در تولید یک لیتر شیر در واحدهای سنتی تولید شیر بودند. به طوری‌که سهم انرژی مصرفی هر یک از این نهاده‌ها در تولید یک لیتر شیر کمتر از یک درصد بود.

بهره‌وری و کارایی نسبی انرژی

بر اساس نتایج جدول 5 مجموع انرژی‌های ورودی و خروجی به ازای تولید یک لیتر شیر به ترتیب به میزان 27/745 و 7/14 مگاژول بود. میانگین انرژی‌های ورودی به ازای تولید یک لیتر شیر در واحدهای پرورش گاو شیری در شمال غرب ایران 5/8 مگاژول گزارش شد که این میزان از مقدار محاسبه شده در این تحقیق کمتر است (Maysami et al., 2013). فروریپ (Frorip et al., 2012) در مزارع پرورش گاو شیری در کشور استونی، میزان انرژی ورودی در سال 2010 را 5/3 مگاژول محاسبه نمود. مقایسه نتایج بیانگر بالاتر بودن مقدار انرژی‌های ورودی در این پژوهش نسبت به دو پژوهش دیگر بوده است. که دلیل آن را می‌توان به مصرف نسبتاً بالای سوخت در این واحدها اشاره نمود.

همان‌گونه که در جدول 5 مشاهده می‌شود، مقدار کارایی نسبی انرژی در واحدهای سنتی پرورش گاوهای شیری مورد مطالعه 0/257 به دست آمد که حاکی از کم بودن کارایی انرژی این واحدها دارد. کارایی انرژی به دست آمده در این مطالعه، بیانگر عدم مزیت مناسب از لحاظ مصرف انرژی برای تولید شیر در واحدهای سنتی پرورش گاو شیری در منطقه مورد بررسی دارد. با توجه به مفهوم کارایی که نسبت انرژی خروجی به انرژی ورودی می‌باشد، مقادیر کارایی کمتر از یک نشان می‌دهد که واحدهای تولیدی در این منطقه به صورت بهینه عمل نمی‌نمایند و انرژی ورودی برای تولید یک لیتر شیر حدود چهار برابر انرژی مفید خروجی آن می‌باشد. به عبارت دیگر، با مقادیر انرژی‌های ورودی موجود نظیر خوراک، گازوئیل و ماشین‌آلات تولید محصولات دامی به میزان چهار برابر بیشتر از مقادیر موجود امکان‌پذیر می‌باشد. این در حالی است که کارایی انرژی در واحدهای پرورش گاو شیری در استان تهران 1/54، شمال غرب کشور 2/6، کشور استونی 1/86 و کشور هند 0/09 بود (Sephidpari et al., 2013; Meul et al., 2007; Frorip et al., 2012).

بهره‌وری انرژی در این مطالعه 0/14 لیتر بر مگاژول بوده است که حاکی از پایین بودن بهره‌وری انرژی در این واحدها دارد. مقایسه نتایج این مطالعه با سایر مطالعات مورد بررسی نیز حاکی از پایین‌تر بودن بهره‌وری واحدهای سنتی مورد پژوهش نسبت به سایر واحدها دارد. به طوری‌که بهره‌وری انرژی در واحدهای تولید شیر در استان تهران، شمال غرب کشور و آلمان به ترتیب برابر با 0/16، 0/2 و 0/3 می‌باشد. انرژی ویژه و افزوده انرژی در این مطالعه به ترتیب 7/14 و 20/605- مگاژول بر کیلوگرم محاسبه شد. سهم انرژی‌های مستقیم (سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته و نیروی انسانی) 29/8 درصد و سهم انرژی‌های غیر مستقیم (ماشین‌ها و تجهیزات و خوراک دام) 70/2 درصد بود. همچنین سهم انرژی‌های تجدیدپذیر (نیروی انسانی و خوراک دام) 48/2 درصد و سهم انرژی‌های تجدیدناپذیر (ماشین‌آلات و سوخت‌های فسیلی و الکتریسیته) 51/8 درصد بود.

جدول 5- شاخص‌ها و شکل‌های مختلف انرژی در تولید شیر
Table 5- Indicators and types of energy for one liter of milk production

شاخص‌ها و شکل‌های انرژی Indicators and types of energy	مقدار Value
مجموع انرژی‌های ورودی (مگاژول بر لیتر) Total energy input ($MJ.L^{-1}$)	27.745
مجموع انرژی خروجی (مگاژول بر لیتر) Total energy output ($MJ.L^{-1}$)	7.14
کارایی انرژی (مگاژول بر لیتر) Energy efficiency ($MJ.L^{-1}$)	0.257
بهره‌وری انرژی (مگاژول بر لیتر) Energy productivity ($MJ.L^{-1}$)	0.14
انرژی ویژه (مگاژول بر لیتر) Specific energy ($MJ.L^{-1}$)	7.14
افزوده انرژی (مگاژول بر لیتر) Added energy ($MJ.L^{-1}$)	-20.605
انرژی‌های مستقیم (مگاژول بر لیتر) Direct energies ($MJ.L^{-1}$)	8.275
انرژی‌های غیرمستقیم (مگاژول بر لیتر) Indirect energies ($MJ.L^{-1}$)	19.47
انرژی‌های تجدیدپذیر (مگاژول بر لیتر) Renewable energies ($MJ.L^{-1}$)	13.39
انرژی‌های تجدیدناپذیر (مگاژول بر لیتر) Non-renewable energies ($MJ.L^{-1}$)	14.355

انتشار گازهای گلخانه‌ای از مصرف سه نهاده ماشین‌ها و تجهیزات، سوخت دیزل و الکتریسیته

میزان انتشار معادل دی‌اکسیدکربن سه نهاده ماشین‌ها و

تجهیزات، سوخت دیزل و الکتریسیته در واحد پرورش سنتی گاو شیری به ازای تولید یک لیتر شیر در روز در جدول 6 آمد. میزان انتشار معادل دی‌اکسیدکربن از نهاده ماشین‌ها و تجهیزات به ازای تولید یک لیتر شیر در روز 0/45 کیلوگرم کربن محاسبه شد. این نهاده با سهمی حدود 72/3 درصد بیشترین نقش را در انتشار معادل دی‌اکسیدکربن داشت. برای نهاده ماشین‌ها و تجهیزات در بین سه نوع گاز گلخانه‌ای مورد بررسی، دی‌اکسیدکربن بیشترین سهم را داشته است. پس از آن نهاده سوخت دیزل با سهمی برابر 25/7 درصد دومین نهاده از نظر انتشار معادل دی‌اکسیدکربن به شمار می‌رود. در رابطه با نهاده سوخت دیزل، N_2O بیشتر سهم را در گازهای گلخانه‌ای منتشر شده داشته است. الکتریسیته نیز با سهم دو درصدی کمترین نقش را در انتشار معادل دی‌اکسیدکربن به ازای تولید یک لیتر شیر در واحدهای پرورش سنتی گاو شیری داشت. در رابطه با تولید الکتریسته، بیشترین سهم مربوط به گاز دی‌اکسیدکربن می‌شود. در مجموع گاز دی‌اکسیدکربن بیشترین سهم را در بین سه گاز گلخانه‌ای مورد بررسی داشته است. این در حالی است که سفیدپری و همکاران (Sephidpari et al., 2013) در تهران بیان نمودند که سوخت دیزل دارای بالاترین سهم در انتشار معادل دی‌اکسیدکربن می‌باشد. و به دنبال آن نهاده الکتریسیته قرار دارد. اوبلز و بوی من (Ubbels & Bouman, 1979) در ایالات متحده سوخت دیزل و الکتریسیته را مهمترین نهاده‌ها در انتشار معادل دی‌اکسیدکربن دانسته‌اند. سهم این نهاده‌ها به ترتیب برابر 40 و 27 درصد در انتشار معادل دی‌اکسیدکربن بوده است. طی مطالعه‌ای در سه کشور ایرلند، انگلستان و ایالات متحده آمریکا، دو نهاده الکتریسیته و سوخت دیزل بالاترین میزان انتشار معادل دی‌اکسیدکربن را به خود اختصاص دادند؛ به طوری‌که میزان انتشار معادل دی‌اکسیدکربن که به ازای یک لیتر شیر برای این دو نهاده به ترتیب برابر 0/03 و 0/002 کیلوگرم اعلام شد (Ozkan et al., 2004). استفاده از ماشین‌آلات فرسوده و کهنه به دلیل ضعف مدیریت واحد تولیدی مورد مطالعه مهمترین دلیل اختلاف نتایج این تحقیق با تحقیقات دیگر است.

در این مطالعه مجموع انتشار معادل دی‌اکسیدکربن به ازای تولید یک لیتر شیر در واحدهای پرورش سنتی گاو شیری در استان مازندران 0/622 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن به دست آمد. که از مجموع انتشار معادل دی‌اکسیدکربن در واحدهای پرورش گاو شیری در تهران، سه کشور ایرلند، انگلستان، ایالات متحده و کشور اکوادر بیشتر و از مجموع انتشار معادل دی‌اکسیدکربن در کشور پرتغال کمتر بوده است (Sephidpari et al., 2013; Castanheira et al., 2010; Sainz, 2003). در مطالعه دیگری در 50 واحد پرورش گاو شیری در ایالات متحده آمریکا، میزان انتشار معادل دی‌اکسیدکربن به ازای تولید یک لیتر شیر 0/20 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن معادل گزارش شد (Ubbels & Bouman, 1979). میانگین کل انتشار گاز گلخانه‌ای در مزارع پرورش گاو شیری در کشورهای عضو اتحادیه اروپا به ازای یک لیتر شیر 0/45 کیلوگرم دی‌اکسیدکربن معادل اعلام شد (Wells, 2001). مقایسه نتیجه حاصل از این مطالعه با مطالعات دیگر نشان‌دهنده آن است که کارایی تولید شیر در واحدهای پرورش دام مورد مطالعه بسیار پایین است که مهمترین دلیل آن استفاده از ماشین‌آلات فرسوده و کهنه و هم چنین مدیریت ضعیف این واحدها می‌باشد.

جدول 6- انتشار معادل دی‌اکسیدکربن در واحد پرورش سنتی گاو شیری

Table 6- Greenhouse gas emissions in traditional production unit of dairy cow

نهاده‌ها Inputs	میانگین معادل کیلوگرم دی‌اکسیدکربن به ازای یک لیتر شیر تولیدی Mean per kg of carbon dioxide equivalent in per liter of milk	درصد Percentage
ماشین‌ها و تجهیزات Machines and equipment	0.45	72.3
سوخت دیزل Diesel fuel	0.16	25.7
الکتریسیته Electricity	0.012	2
مجموع انتشار گازهای گلخانه‌ای Total greenhouse gas emissions	0.622	100

نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی جریان انرژی‌های ورودی و خروجی و همچنین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در واحدهای تولید سنتی پرورش گاو شیری در ساری پرداخته شد. اطلاعات از طریق مراجعه حضوری و مصاحبه با 26 گاودار در روستاهای ساری در سال 1393 به دست آمد. مقدار کل انرژی‌های ورودی و خروجی به ترتیب 27/745 و 7/14 مگاژول بر لیتر تعیین شد و نشان داد واحدهای تولیدی در تولید شیر به صورت بهینه عمل نمی‌نمایند و از نهاده‌های ورودی بیش از حد و زیاد نسبت به میزان شیر تولیدی و انرژی خروجی استفاده می‌نمایند. سهم انرژی‌های مستقیم و غیرمستقیم به ازای تولید یک لیتر شیر به ترتیب 8/275 و 19/47 تعیین شد. نهاده خوراک دام با سهم 47/4 درصد بیش‌ترین نهاده ورودی انرژی بود. که جهت مدیریت بهتر آن می‌توان از برنامه جیره‌نویسی اصولی و صحیح تغذیه دام استفاده نمود. بدین صورت که مواد تغذیه‌ای با کمترین معادل انرژی را جایگزین نهاده‌های پرمصرف انرژی شود؛ به طوری‌که افت عملکرد و کاهش بهره‌وری در خروجی این واحدها مشاهده نشود.

در رابطه با مدیریت سوخت دیزل و نقش اساسی آن‌ها در رابطه با مخاطرات زیست‌محیطی و انتشار معادل دی‌اکسیدکربن در گاوداری‌های مورد بررسی و سایر گاوداری‌ها می‌توان تجهیزات با مصرف سوخت دیزل را جایگزین ماشین‌آلات با مصرف گاز طبیعی کرد. چرا که آثار سو زیست‌محیطی آن کم‌تر از سوخت‌های دیزلی است.

منابع

Almasi, M., Kiani, S.H., and Loymi, N. 2000. Foundations of Agricultural Mechanization. Forest Publications, Tehran, Iran. (In Persian)

Arghami, N., Sanjari, A., and Bozorgnia, A. 2010. Elementary survey sampling. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)

Bakhoda, H., Almassi, M., and Moharamnejad, N. 2012. Energy production trend in Iran and its effect on sustainable development. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16: 1335-1339.

Beukes, P.C., Gregorini, P., Romera, A.J., Levy, G., and Waghorn, G.C. 2010. Improving production efficiency as a strategy to mitigate greenhouse gas emissions on pastoral dairy farms in New Zealand. Agriculture, Ecosystems and Environment 136(3-4): 358-365.

Castanheira, É.G., Dias, A.C., Arroja, L., and Amaro, R. 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. Agricultural Systems 103(7): 498-507.

Christie, K.M., Rawnsley, R.P., and Eckard, R.J. 2011. A whole farm systems analysis of greenhouse gas emissions of 60 Tasmanian dairy farms. Animal Feed Science and Technology 166-167: 653-662.

Coley, D., Emma, G.A., and Macdiarmid, J. 1998. The embobied energy of food: The Role of Diet Energy Policy 26: 455-459.

Cornejo, C., and Wilkie, A.C. 2010. Greenhouse gas emissions and biogas potential from livestock in Ecuador. Energy for Sustainable Development 14(4): 256-266.

Divya, P.I., Prabu, M., Pandian, A.S.S., Senthilkumar, G., and Varathan, B.J. 2012. Energy use efficiency in dairy of Tamilnadu. Indian Journal of Energy 1(5).

Dyer, J.A., and Desjardins, R.L. 2003. Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. Biosystems Engineering 85(4): 503-513.

Energy the Balance Sheet. 2008. Available at Web site http://www.moe.gov.ir/. (In Persian)

FAO. 2012. Food and Agricultural commodities production. Available at www.fao.org

Frorip.J., Kokin, E., Praks, J., Poikalainen, A.R.V., Veermäe, I., Lepasalu, L., and Schäfer, H.M. 2012. Energy consumption in animal production – case farm study. Agronomy Research Biosystem Engineering Special Issue 39-48.

Ghobadian, B. 2012. Liquid biofuels potential and outlook in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 16(7): 4379-4384.

Ghorbani, M., Darighani, A., Koocheki, A., and Motalebi, M. 2010. Estimated environmental costs of greenhouse

gas emissions in dairy farms of Mashhad. Journal of Agricultural Economics and Development 17(66): 43-63. (In Persian with English Summary)

Hensen, A., Groot, T.T.W.C.M., Van Den Bulk, A.T., Vermeulen, J.E., Olesen, J.E., and Schelde, K. 2006. Dairy farm CH_4 and N_2O emissions, from one square metre to the full farm scale. Agriculture, Ecosystems and Environment 112(2-3): 146-152.

Hosseini, S.E., Andwari, A.M., Wahid, M.A., and Bagheri, G. 2013. A review on green energy potentials in Iran. Renewable and Sustainable Energy Reviews 27: 533-545.

Jabro, J.D., Sainju, U., Stevens, W.B., and Evans, R.G. 2007. Carbon dioxide flux as affected by tillage and irrigation in soil converted from perennial forages to annual crops. Journal of Environmental management 88(4): 1478-1484.

Karbasi, A.R., Kalkanari, H., Bayani, A., Shaabanian, F., and Keidashti, M. 2014. Adverse environmental effects on tea in Chaboksar. National Conference of Engineering and Management for Sustainable Agricultural, Environment and Natural Resources, Hamedan, 13 March 2014. (In Persian)

Kitani, O.CIGR. 1999. Handbook of Agricultural Engineering. Energy and Biomass Engineering. ASAE Publications, St Joseph, MI.

Kraatz, S. 2012. Energy intensity in livestock operations- Modeling of dairy farming systems in Germany. Agricultural Systems 110: 90-106.

Kwon, O.S., Yun, W.C., and Hwan, D. 2006. Market value for thermal energy of cogeneration: using shadow price estimation applied to cogeneration systems in Korea, Energy Policy 33: 1789-1792.

Laegreid, M., Bockman, O.C., and Kaarstad, O. 1999. Agriculture, Fertilizers and the Environment. CABI Publishing, Wallingford, xxiv 294 pp.

Lal, R. 2004a. Soil carbon sequestrian impacts on global climate change and food security. Science 204: 1623-1627.

Lehtonen, H., Peltola, J., and Sinkkonen, M. 2006. Co-effects of climate policy and agricultural policy on regional agricultural viability in Finland. Agricultural System 88: 472-493.

Liang, S., Xu, M., and Zhang, T. 2013. Life cycle assessment of biodiesel production in China. Bioresource Technology 129: 72-77.

Maysami, M.J., Olbertz, H., and Ellmer, F. 2013. Energy Efficiency in Dairy Cattle Farming and Related Feed Production in Iran. Faculty of Agriculture and Horticulture at Humboldt-Universität zu Berlin.

Merino, A., Pe´rez-Batallo´n, P., and Macı´as, F. 2004. Responses of soil organic matter and greenhouse gas fluxes to soil management and land use changes in a humid temperate region of southern Europe. Soil Biology and Biochemistry 36: 917-925.

Meul, M., Nevens, F., Reheul, D., and Hofman, G. 2007. Energy use efficiency of specialised dairy, arable and pig farms in Flanders. Agriculture, Ecosystems and Environment 119(1-2): 135-144.

MOE. 2003. Energy balance in Iran. www.moe.gov.ir

MOE. 2010. Energy balance in Iran. www.moe.gov.ir

Murty, M.N., Kumar, S., and Mahua, P. 2006. Environmental regulation productive efficiency and cost of pollution abatement, A case study of sugar industry in India. Journal of Environmental Management 79: 1-9.

Najafi, G., Ghobadian, B., and Yusaf, T.F. 2011. Algae as a sustainable energy source for biofuel production in Iran: A case study. Renewable and Sustainable Energy Reviews 15(8): 3870-3876.

O'Brien, D., Capper, J.L., Garnsworthy, P.C., Grainger, C., and Shalloo, L. 2014. A case study of the carbon footprint of milk from high-performing confinement and grass-based dairy farms. Journal of Dairy Science 97(3): 1835-1851.

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 and Bioenergy 26(1): 89-95.

Sainz, R.D. 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: Framework for calculation fossil fuel use in livestock systems. http://www.fao.org.

Sephidpari, P., Rafieei, S., and Akram, A. 2013. Compares of the energy consumption indexs and greenhouse gas emissions in industrial units of dairy cattle breeding and laying hens in Tehran. The First National Conference on Strategies for Achieving Sustainable Development, Tehran, Iran 6-7 March. (In Persian)

Shortall, O.K., and Barnes, A.P. 2013. Greenhouse gas emissions and the technical efficiency of dairy farmers. Ecological Indicators 29: 478-488.

Singh, S., and Mittal, J.P. 1992. Energy in Production Agriculture. Mittal Publication. New Delhi 163 pp.

Sohngen, B., and Mendelsohn, R. 2003. An optimal control model of forest carbon sequestration. American Journal of Agricultural Economic 85: 448-457.

The company optimize fuel consumption in Iran. 2011. National Iranian Oil Company. http://ifco.ir/index.asp.

Thoma, G., Popp, J., Nutter, D., Shonnard, D.R., Ulrich, M., Matlock, D.S., Kim, Z., Neiderman, N., Kemper, C., and Adom, F. 2013. Greenhouse gas emissions from milk production and consumption in the United States: A cradle-to-grave life cycle assessment circa 2008. International Dairy Journal 31: S3-S14.

Ubbels, J., and Bouman, S. 1979. The saving of energy when cooling milk and heating water on farms. International Journal of Refrigeration 2(1): 11-16.

Upton, J., Humphreys, J., Groot Koerkamp, P.W., French, P., Dillon, P., and DeBoer, I.J. 2013. Energy demand on dairy farms in Ireland. American Dairy Science Association 96(10): 6489-6498.

Wang, H., and Wheeler, D. 2000. Endogenous enforcement and effectiveness of China′s pollution levy system. Policy Research Working p. 2336.

Weiss, F., and Leip, A. 2012. Greenhouse gas emissions from the EU livestock sector: A life cycle assessment carried out with the CAPRI model. Agriculture, Ecosystems and Environment 149: 124-134.

Wells, D. 2001. Total energy indicators of agricultural sustainability: Dairy farming case study- Technical paper, Ministry of Agriculture and Forestry, Wellington. ISBN: 0-478-07968-0; http://www.maf.govt.nz.

Yaldiz, O., Zeren, Y., and Bascetomcelik, A. 1993. Energy usage in production of field crops in Turkey. In Fifth International Congress on Mechanization and Energy Use in Agriculture, Kusadasi, Turkey, 11-14 October 1993.

Zalaghi, R., and landi, A. 2009. Evaluating carbonic greenhouse gases emission and organic carbon balance from soil under current agricultural land use 9(12): 2307-2312.

Zare Mehrjerdi, M., and Ziaabadi, M. 2011. Study of affecting factors energy use in Iran agriculture. Journal of Development and Investment 3(5): 133-153. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 251-262

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 262-251

Energy Flow in Conventional Dairy Farms with Emphasis on CO_2 Emission from Electricity Generation and Use of Technical Equipment and Machines

A. Bayani[1], L. Abolhasani[2*] and N. Shahnoushi[3]
Submitted: 16-03-2015
Accepted: 08-02-2016

Bayan, A., Abolhasani, L., and Shahnoushi, N. 2016. Energy Flow in Conventional Dairy Farms with Emphasis on CO_2 Emission from Electricity Generation and Use of Technical Equipment and Machines. Journal of Agroecology 8(2): 251-262.

Introduction

Energy is one of the most important commodities that make up a large proportion of international trade. Among all the countries in the world, Iran is known as semi-industrial developing country which is rich in energy such as non-renewable energy in particular fossil fuel. Use of energy affects the environment in various forms of pollution. In the agricultural sector, the FAO report states that livestock production has a major contribution to the world's environmental problem (Sutton et al., 2011).

Materials and methods

This study analyzes energy flow and greenhouse gas emission in conventional dairy farms in Mazandaran province. The required data for this study was collected by conducting interviews and filling up questionnaires from 26 cattlemen. From the questionnaires, information on five inputs such as labor, livestock feeding, diesel fuel, electricity and technical equipment and machines as well as milk product for 159 dairy cattle was collected. Finally, energy productivity, efficiency and emissions of greenhouse gases were calculated for Methane (CH_4), Nitrous Oxid (N_2O) and Carbon Dioxide (CO_2).

Results and discussion

The results indicated that total energy which has been used to produce one liter of milk was 27.745 Mega Jul. Livestock feeding and fuel were energy inputs that has been extensively consumed. In this relation, 47.4% and 28.5% of the total energy consumption were drawn from the livestock feeding and fuel, respectively. In the study conducted by Sainz (2003), livestock feeding with 70% of the total energy consumption was also found as the largest input in terms of consuming energy. Technical equipment with 22.8% of the total energy consumption was found the third place. A low proportion (0.8%) of the total energy consumption was drawn from labor. Electric power with 0.5% of the total energy consumption was placed at the last. Energy efficiency was measured at 0.257. The proportion of renewable and non-renewable energy in one-litter milk production was measured by 48.2% and 51.8%, respectively. The total greenhouse gas emitted toproduceone litter of milk is equal to 0.622 kg of carbon dioxide that is higher than the amount of carbon dioxide generated from dairy farms in the United States (Sainz, 2003), but lower than the amount produced by dairy farms in Portugal (Castanheira et al., 2010). For the European countries, the average of greenhouse gas emission generated from dairy farms was calculated about 0.45 carbon dioxide equivalent. Technical equipment, machines and fuel with generating 0.45 and 0.16 kg of carbon dioxide equivalent were the most contribution to greenhouse gas emission. According to the calculations, the two inputs emitted 72.3% and 25.7% of the total greenhouse gas emission in producing one litter of milk. Only 2% of the total greenhouse gas emission that is equal to 0.012 kg of carbon dioxide equivalent was created from electricity generation. In the United States, diesel fuel and electricity with a contribution of 27% to 40% of the total greenhouse gasemissions were realized as the most polluted inputs. Furthermore, in Ireland and Britain, the diesel fuel and electricity with producing 0.03 and 0.002 of carbon dioxide equivalent were realized as the most polluted inputs for producing one litter of milk. This suggests that diet re-formulation with special consideration to the output is an effective solution to the problem mentioned above. Considering technical equipment and fuel as the most pollutant inputs, transferring equipment from natural gas consumption to diesel consumption decreases both energy consumption and negative-environmental externalities.

1, 2 and 3- Graduate MSc, Assistant professor and Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(* - Corresponding Author Email: l.abolhasani@um.ac.ir)

Conclusion

Considering that the livestock feeding has the largest amount of energy consumption, thedairy cow feed formulation should be considered as the most important concern. In relation to diesel fuel, replacement of natural gas with diesel fuel can reduce greenhouse gas emissions at a large extend.

Keywords: Energy efficiency, Input, Output, Productivity

References

Castanheira, É.G., Dias, A.C., Arroja, L., and Amaro, R. 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. Agricultural Systems 103(7): 498-507.

Sainz, R.D. 2003. Livestock-environment initiative fossil fuels component: Framework for calculation fossil fuel use in livestock systems. http://www.fao.org.

Sutton, M., Oenema, O., Erisman, J.W., Leip, A., van Grinsven, H., Winiwarter, W. 2011. Too much of a good thing. Nature 472: 159-161.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 263-280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 280-263

ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

اسماعیل رضائی چیانه[1*]

تاریخ دریافت: 1394/03/17
تاریخ پذیرش: 1394/05/06

رضائی چیانه، ا. 1395. ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 280-263.

چکیده

به منظور ارزیابی برخی صفات کمی و کیفی سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و نسبت برابری زمین، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. الگوهای کاشت در هشت سطح شامل کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان) و کشت مخلوط نواری (یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان، چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان) و کشت خالص سه گونه بود. صفات مورد آزمایش شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد اسانس سیاهدانه، عملکرد ماده خشک و درصد اسانس ریحان در چین اول و دوم و عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا بود. نتایج نشان داد که عملکرد اقتصادی هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود. با افزایش عرض نوارها در تیمارهای کشت مخلوط عملکرد دانه سیاهدانه 30 درصد و عملکرد ماده خشک ریحان در چین اول 29 و در چین دوم 24 درصد نسبت به تیمار کشت خالص کاهش یافت، ولی نتایج در مورد گیاه لوبیا نشان داد که بین کشت خالص با کشت مخلوط چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان از نظر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. درصد اسانس سیاهدانه و ریحان در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بالاتر از تیمار کشت خالص بود. بیشترین نسبت برابری زمین (1/93) از کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان به دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمندی زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است. به نظر می‌رسد که این الگوی کشت می‌تواند در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به ویژه در بوم‌نظام‌های تولید گیاهان دارویی به طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، چندکشتی، عملکرد اقتصادی، کشاورزی پایدار، گیاهان دارویی

مقدمه

کشت گیاهان دارویی در اکوسیستم‌های زراعی نقش مهمی را در ایجاد تنوع و پایداری در این سیستم‌ها ایفا می‌نماید. حفظ کیفیت و پایداری تولید نسبت به کمیت محصول در زمینه گیاهان دارویی، اهمیت روش‌های مدیریت پایدار سیستم‌های کشاورزی را بیش از پیش آشکار می‌سازد (Koocheki et al., 2012). با توجه به احتمال بروز اثرات منفی ناشی از مصرف بی‌رویه سموم و کودهای شیمیایی روی کمیت و کیفیت ترکیبات مؤثره گیاهان دارویی، بسیاری از شرکت‌های دارویی مواد خام حاصل از نظام‌های پایدار و ارگانیک را ترجیح می‌دهند (Griffe et al., 2003). بنابراین، بهره‌گیری از اصول اکولوژیکی مانند سیستم‌های چندکشتی به ویژه کاشت گونه‌های تثبیت‌کننده نیتروژن در تولید این گیاهان امری ضروری به نظر می‌رسد.

1- استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گیاهی یک‌ساله متعلق به تیره آلاله[1] به ارتفاع 60 تا 70 سانتی‌متر، برگ‌ها به رنگ سبز خاکستری دارای بریدگی‌های نخی، گل‌ها به رنگ سفید تا آبی و میوه به صورت فولیکول می‌باشد که درون آن تعداد زیادی دانه سیاه و معطر قرار دارد. در دانه‌های سیاهدانه 40 درصد روغن و حدود 1/4 درصد اسانس وجود دارد (Majnoon Hosseini & Davazdahemami, 2007). ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی علفی یک‌ساله و معطر از تیره نعناع[2] می‌باشد که ارتفاع ساقه آن تا 60 سانتی‌متر می‌رسد. برگ-های آن به صورت متقابل بیضوی و نوک تیز با کناره‌های دندانه‌دار می‌باشد. گل‌های آن معطر و کوچک به رنگ‌های سفید، قرمز و گاهی بنفش مشاهده می‌شود. مقدار اسانس اندام رویشی ریحان بین 0/5 تا 1/5 درصد متغیر است (Omidbeigi, 2007).

سیستم‌های چندکشتی در بسیاری از نقاط دنیا به دلیل برخی از مزیت‌های نسبی آن مانند استفاده بهتر از منابع محیطی موجود، ثبات عملکرد در شرایط نامطلوب محیطی، افزایش کمیت و کیفیت محصول، کنترل فرسایش خاک، افزایش کارایی انرژی، اثر مکملی آن‌ها در استفاده از نیتروژن خاک، کاهش میزان فراهمی منابع رشدی برای علف‌های هرز، کاهش جمعیت آفت و بیماری‌ها، بهبود حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت نیتروژن حاصل از جزء بقولات، افزایش تنوع و نیز برخی امتیازات دیگر کشت می‌شود (Aynehband, 2007; Willey, 1990; Vandermeer, 1989).

نتایج تحقیقات قبلی نشان می‌دهد که در سیستم‌های چندکشتی شرایط کاشت به گونه‌ای است که به دلیل اختلاف ارتفاع گونه‌ها یک حالت موجی را در مزرعه به وجود آورده و امکان توزیع بهتر نور را فراهم می‌آورد که سبب افزایش راندمان مصرف نور، بهبود رشد و فتوسنتز و به تبع آن افزایش عملکرد گیاهان در واحد سطح می‌شود (Koocheki et al., 2010a). از طرف دیگر حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین نیازهای غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه خاصی برخوردار بوده و این گیاهان به خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند (Javanmard et al., 2013) و به همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا در برنامه‌های کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرند (Franco et al., 2015).

محققان با بررسی نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا (*Glycine max* L.) با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) دریافتند که عملکرد اقتصادی و بیولوژیک سویا در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط با ریحان در مقایسه با کشت مخلوط با گاوزبان اروپایی از مقدار بیش‌تری برخوردار بود (Bagheri Shirvan et al., 2014). رضایی چیانه و قلی نژاد (Rezaei-Chiyaneh & Gholinezhad, 2015)، در کشت مخلوط افزایشی نخود و سیاهدانه گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی نخود و سیاهدانه از کشت خالص به دست آمد، اما بالاترین درصد پروتئین دانه نخود و درصد اسانس سیاهدانه از نسبت کاشت 50% نخود +100% سیاهدانه حاصل شد. در بررسی اثر ترکیب های مختلف کشت مخلوط برخصوصیات کمی و کیفی زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) گزارش شد که الگوهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد دو گونه داشتند و بیش‌ترین عملکرد اسانس زیره‌سبز و بالاترین نسبت برابری زمین[3] در نسبت کاشت 50:50 به دست آمد (Zarifpour et al., 2014). در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود، ولی در تمامی تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیش از یک بود که نشان‌دهنده برتری تیمارهای مخلوط نسبت به خالص است (Koocheki et al., 2014). رضوانی‌مقدم و مرادی (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012) در کشت مخلوط زیره‌سبز و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و احمدوند و حاجی‌نیا (Ahmadvandand & Hajinia, 2015) در کشت مخلوط سویا و ارزن معمولی (*Panicum miliaceum* L.) نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند. اله دادی و همکاران (Allahdadi et al., 2015) در بررسی رقابت و عملکرد کمی و کیفی در کشت مخلوط سویا و همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) دریافتند که کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف همیشه‌بهار + یک ردیف سویا) و نواری چهار ردیف همیشه‌بهار + شش ردیف سویا از نظر عملکرد اقتصادی، نسبت برابری زمین نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت‌های مخلوط برتری داشت.

1- Ranunculaceae
2- Labiatae
3- Land equivalent ratio

از آن‌جا که تولید گیاهان دارویی، تولید در شرایط حداقل مصرف نهاده‌های شیمیایی به منظور جلوگیری از اثرات سوء ناشی از آن‌ها بر سلامت انسان و نیز کاهش کیفیت این محصولات از اهمیت زیادی برخوردار است، کشت مخلوط گیاهان دارویی با سایر گیاهان می‌تواند از طریق کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی و آفت‌کش‌ها در این راستا مؤثر باشد. هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط دو گیاه دارویی سیاهدانه و ریحان با لوبیا زراعی به منظور دستیابی به مناسب‌ترین ترکیب از نظر حصول حداکثر عملکرد و خصوصیات کیفی در شرایط آب و هوایی نقده بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش مزرعه‌ای واقع در استان آذربایجان غربی- شهرستان نقده با ˚45 و ´24 طول جغرافیایی و ˚38 و ´52 عرض جغرافیایی و ارتفاع 1318 متر از سطح آب‌های آزاد در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. متوسط میانگین‌های دما و بارندگی سالیانه در طی یک دوره ده ساله به ترتیب برابر 12/40 درجه سانتی‌گراد و 323 میلی‌متر گزارش شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول 1 آورده شده است.

آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. الگوی کاشت در هشت سطح شامل کشت خالص لوبیا، کشت خالص سیاهدانه، کشت خالص ریحان، کشت مخلوط ردیفی (یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان) و کشت مخلوط نواری (یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان، چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان) بود.

بذر مورد استفاده سیاهدانه و ریحان از شرکت پاکان بذر اصفهان و بذر لوبیا رقم COS16 از ایستگاه تحقیقاتی خمین اراک تهیه شده بود. در هر سه گیاه مورد مطالعه فاصله بین ردیف‌های کاشت 40 سانتی‌متر و طول هر ردیف کاشت پنج متر بود. فاصله بین بوته‌ها در روی ردیف‌های کاشت برای بذور لوبیا، سیاهدانه و ریحان به ترتیب 10، 7 و 15 سانتی‌متر در نظر گرفته شد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014b; Gholinezhad & Rezaei-Chiyaneh, 2014). کاشت سیاهدانه در 10 فروردین ماه و کاشت لوبیا و ریحان به صورت همزمان در اواسط اردیبهشت ماه 1393 به صورت جوی و پشته انجام شد. بذور لوبیا قبل از کاشت با باکتری *Rhizobium phaseoli* آغشته گردید. جهت عمل تلقیح بذرها، ابتدا بذور لوبیا درون کیسه پلاستیکی قرار داده شدند و سپس به آن محلول شکر 20 درصد اضافه گردید. آن‌گاه محتویات کیسه پلاستیک پس از اضافه نمودن پودر باکتری به میزان 100 گرم در هکتار، بذر به خوبی تکان داده شد. سپس بذرها در سایه خشک شدند و بلافاصله پس از خشک شدن عملیات کاشت صورت گرفت.

به منظور تسهیل در سبز شدن گیاهان، اولین آبیاری بلافاصله در روز بعد از کاشت انجام شد و آبیاری‌های بعدی بر حسب شرایط اقلیمی و عرف زراعی منطقه برای این گیاهان به طور متوسط هر هفت روز یک‌بار به صورت جوی و پشته صورت گرفت. علف‌های هرز در طول فصل رشد بنا به ضرورت از طریق وجین دستی کنترل شدند.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of the soil

پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	بافت Texture
467	14.1	1.27	0.11	0.34	7.5	رس- سیلتی Silty- clay

کود گاوی پوسیده قبل از کاشت به میزان 20 تن در هکتار به طور یکنواخت در سطح کرت‌ها پخش و سپس در عمق 20-0 سانتی‌متری توسط رتیواتور با خاک مخلوط شد، اما به منظور بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده و بیشتر نمود پیدا کردن تأثیر تثبیت نیتروژن گیاه لوبیا در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کود و سم شیمیایی در تیمارها استفاده نشد.

برداشت سیاهدانه در اوایل مرداد ماه هنگامی که رنگ بوته‌ها متمایل به زرد شده، ولی هنوز فولیکول‌ها شکاف بر نداشته بودند و برداشت لوبیا در اواسط مرداد ماه زمانی که رنگ غلاف‌ها زرد شده بود، صورت گرفت. زیست‌توده ریحان در دو چین برداشت گردید. معیار برداشت هر دو چین وقوع مرحله 50 درصد گلدهی هر کرت بود. برداشت چین اول 16 تیر ماه و برداشت دوم 22 مرداد ماه بود.

در پایان فصل رشد، برداشت محصول برای محاسبه عملکرد اقتصادی هر سه گیاه لوبیا، سیاهدانه و ریحان از سطحی معادل 6/4 متر از هر کرت پس از حذف اثرات حاشیه‌ای صورت پذیرفت. سپس نمونه‌های هر سه گیاه لوبیا، سیاهدانه و ریحان در دمای اتاق و تحت شرایط سایه خشک شدند و هنگامی که تغییرات وزن طی 24 ساعت مشاهده نگردید، اعداد حاصل از توزین به عنوان وزن خشک نمونه‌ها ثبت شد. در مورد لوبیا و سیاهدانه علاوه بر تعیین وزن خشک نمونه‌ها، بذور آن‌ها جدا و برای محاسبه عملکرد دانه وزن شدند.

استخراج اسانس سیاهدانه و ریحان به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. بدین منظور، 30 گرم سرشاخه هوایی ریحان و 30 گرم بذر سیاهدانه از هر کرت وزن گردید و پس از آسیاب شدن مختصر در بالن‌های یک لیتری مجزا ریخته شدند و در حدود 300 میلی‌لیتر آب مقطر به نمونه‌ها اضافه گردید و سپس به مدت سه ساعت جوشانده شدند تا اسانس آن‌ها استخراج شود. پس از تعیین درصد اسانس، عملکرد اسانس بر اساس عملکرد اقتصادی × درصد اسانس محاسبه شد (Clevenger, 1928).

ارزیابی سودمندی کشت مخلوط از طریق نسبت برابری زمین طبق معادله (1) استفاده گردید (Vandermeer, 1989):

$$LER = \frac{Y_1}{B_1} + \frac{Y_2}{B_2} + \frac{Y3}{B3} \quad (1)$$

در این معادله، Y_1، Y_2 و Y_3: به ترتیب عملکرد گونه‌های اول، دوم و سوم در مخلوط و B_1، B_2 و B_3: نیز عملکرد خالص گونه اول، دوم و سوم است.

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excelاستفاده شد.

نتایج و بحث

صفات مربوط به سیاهدانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد اسانس و عملکرد اسانس سیاهدانه به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول 2).

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی سیاهدانه در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا و ریحان
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative and qualitative traits of black cumin in different intercropping patterns with ban and basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
تکرار Replication	2	6816.22^{ns}	83810^{ns}	0.004^{ns}	1.58^{ns}
تیمار Treatment	5	18966.49**	433700**	0.15**	5.51**
خطا Error	10	2269.39	56383.38	0.015	1.11
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.1	8.3	9	11.65

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد
ns and **: Non significant and significant at p≤0/01, respectively.

بیشترین میزان عملکرد دانه (80/60 گرم در مترمربع) از تیمار کشت خالص و کمترین مقدار عملکرد دانه (56/6 گرم در مترمربع) از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دست آمد (جدول 3). به تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی سه گونه در کنار یکدیگر در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه سیاهدانه به طور میانگین 29 درصد کاسته شد.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر صفات کمی و کیفی گیاه سیاهدانه

Table 3- Means comparison of effect of different intercropping patterns on quantitative and qualitative traits of black cumin

الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس (گرم در مترمربع) Essential oil yield ($g.m^{-2}$)
کشت خالص Monocropping	80.6[a]*	356[a]	1[d]	0.8[c]
یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 1 row bean+ 1 row basil	65.1[bc]	272.3[bc]	1.6[a]	1.38[a]
یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 2 rows bean+ 1 row basil	64.2[bc]	289[b]	1.55[ab]	0.99[ab]
دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان 2 Rows black cumin+ 4 rows bean+ 2 rows basil	68.7[b]	304[b]	1.43[abc]	0.98[ab]
سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان 3 Rows black cumin+ 6 rows bean+ 3 rows basil	70.3[b]	308.3[b]	1.33[bc]	0.93[ab]
چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان 4 Rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 rows basil	56.6[c]	243[c]	1.2[cd]	0.68[c]

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

* Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan’s at 5% probability level.

همچنین به نظر می‌رسد که بوته‌های سیاهدانه در آرایش یک ردیفی رقابت درون‌گونه‌ای بیشتری با یکدیگر و برون‌گونه‌ای بیشتری با بوته‌های لوبیا و ریحان داشتند که در نهایت، باعث کاهش 19 درصدی عملکرد دانه سیاهدانه به میزان شد، اما با توجه به تراکم بالاتر سیاهدانه در تیمار کشت خالص در واحد سطح عملکرد بالاتر آن در مقایسه با الگوهای کشت مخلوط طبیعی بود. بنابراین، موارد مذکور می‌تواند از عوامل افزایش عملکرد این گیاه در کشت خالص نسبت به سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط باشد (Koocheki et al., 2014).

محققان با بررسی اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات کمی و کیفی زیره‌سبز و نخود مشاهده کردند که با جابجایی از کشت خالص به سمت مخلوط از عملکرد دانه زیره‌سبز کاسته شد. آن‌ها علت این کاهش عملکرد را در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به خالص به رقابت گیاهان در سیستم کشت مخلوط بر سر منابع محیطی ذکر کردند (Zarifpour et al., 2014). در تحقیقی دیگر، مشخص گردید که عملکرد کرچک (*Ricinus Communis* L.) در کشت مخلوط با دو گیاه لوبیا و ذرت (*Zea mays* L.) در تمامی نسبت‌های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص از مقدار کمتری برخوردار بود (Obiero et al., 2013). در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید (*Anethun graveolens* L.) مشخص شد که بالاترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک شوید به تیمار کشت خالص و کمترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به تیمار کشت مخلوط نواری چهار ردیف لوبیا + دو ردیف شوید اختصاص داشت (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014b).

مقایسه میانگین تیمارهای الگوهای مختلف کشت (جدول 3) بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک سیاهدانه به میزان 356 گرم در مترمربع به تیمار کشت خالص تعلق داشت، اما با اجرای کشت مخلوط و افزایش عرض نوارها عملکرد بیولوژیک به طور معنی‌داری کاهش یافت و این کاهش در الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان بیشتر از سایر الگوهای مختلف کشت مخلوط بود. به طوری‌که با افزایش تعداد ردیف‌ها در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد بیولوژیک سیاهدانه به طور میانگین 32 درصد کاسته شد. نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که اگر اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در نحوه استفاده از منابع محیطی متفاوت عمل کنند از این منابع به طور مؤثرتری استفاده خواهد شد و در نتیجه در چنین حالتی عملکرد افزایش می‌یابد (Koocheki et al., 2010a; Rezaei- Chiyaneh et al., 2014c). نتایج برخی از تحقیقات قبلی نشان داده است که در کشت مخلوط نواری تعداد ردیف اصلی‌ترین موضوع در افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Alizadeh et al., 2010). در تحقیق حاضر نیز با افزایش تعداد ردیف بر عملکرد سیاهدانه افزوده شد، اما در کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دلیل افزایش فشار رقابت بین‌گونه‌ای از عملکرد سیاهدانه کاسته شد. محققان در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا اظهار داشتند که گیاه سیاهدانه قدرت رقابت کمی با علف‌های هرز دارد و به همین علت پوشش مناسب سطح زمین توسط کانوپی مخلوط و در نتیجه عدم رشد علف‌های هرز از جمله عواملی است که می‌تواند در افزایش عملکرد سیاهدانه در این شرایط بسیار مؤثر باشد (Koocheki et al., 2014). محققان دیگری در کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس (*Lens culinaris* L.) گزارش کردند که به تدریج با افزایش عرض نوارها و کاهش هم‌پوشانی در تیمارهای کشت مخلوط از عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک زیره‌سبز به طور میانگین 50 و 54 درصد کاسته شد، اما با کاهش عرض نوار (تعداد ردیف‌های عدس نسبت به زیره سبز) عملکرد دانه و بیولوژیک زیره‌سبز افزایش یافت. این محققان گزارش کردند که با کاهش تعداد ردیف در کشت مخلوط نواری، زیره‌سبز توانست با بهره‌برداری مطلوب‌تر از شرایط و احتمالاً منابع ایجاد شده از سمت عدس به ویژه نیتروژن تثبیت بیولوژیکی شده بر عملکرد دانه و بیولوژیک خود بیفزاید (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a).

در بین الگوهای مختلف کشت، بیش‌ترین درصد اسانس با 1/6 درصد از کشت مخلوط ردیفی و کم‌ترین مقدار آن با یک درصد از کشت خالص حاصل شد (جدول 3). نتایج نشان داد که سایر الگوهای کشت مخلوط نیز سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس سیاهدانه نسبت به تیمار کشت خالص شدند. هر چند که اختلاف معنی‌داری بین تیمار کشت خالص با تیمار کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان مشاهده نشد. از نتایج تحقیق حاضر چنین به نظر می‌رسد که وجود شرایط مناسب برای رشد بوته‌های سیاهدانه از جمله فراهم شدن نیتروژن از طریق تثبیت بیولوژیکی در شرایط مخلوط با لوبیا، استفاده بهینه از عناصر غذایی موجود در خاک و توزیع مطلوب‌تر نور توسط کانوپی مخلوط باعث بهبود فتوسنتز گیاهی و در نهایت منجر به افزایش میزان اسانس در مقایسه با کشت خالص شده است (Maffei & Mucciarelli, 2003; Hauggaard-Nielsen et al., 2009; Rezaei-Chiyaneh et al., 2014c). چرا که نیتروژن یکی از عناصر غذایی مؤثر بر میزان فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی و در نتیجه میزان اسانس گیاهان است (Singh et al., 2010). بنابراین، هر عاملی که باعث افزایش فراهمی نیتروژن قابل دسترس گردد در نهایت می‌تواند منجر به افزایش میزان اسانس گیاه نیز گردد. در کشت مخلوط نواری زنیان (*Carum copticum* L.) با شنبلیله مشخص شد که بیشترین درصد اسانس از تیمار کشت مخلوط نواری با نسبت چهار ردیف زنیان و دو ردیف شنبلیله و کمترین درصد اسانس از تیمار کشت خالص حاصل شد. این محققان افزایش درصد اسانس را به بهبود رشد و فتوسنتز گیاه زنیان در شرایط مخلوط با شنبلیله نسبت دادند (Rezaei-Chiyaneh & Dabbagh Mohammadi Nassab, 2014c).

بیشترین عملکرد اسانس (1/38 گرم در مترمربع) از تیمار کشت مخلوط ردیفی و کمترین عملکرد اسانس (0/68 گرم در مترمربع) از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان حاصل شد (جدول 3). عملکرد اسانس برآیندی از عملکرد دانه و درصد اسانس دانه می‌باشد. بنابراین پایین بودن عملکرد اسانس در مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دلیل پایین بودن عملکرد دانه و درصد اسانس در این تیمار بود (جدول 3). محققان در بررسی الگوهای

مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس اظهار داشتند که در بین الگو-های مختلف کشت، بیشترین درصد و عملکرد اسانس از کشت مخلوط روی ردیف‌های کاشت و ردیفی و کمترین مقدار آن از کشت خالص حاصل شد، اما با افزایش عرض نوارها در کشت مخلوط نواری به‌طور معنی‌داری از درصد و عملکرد اسانس کاسته شد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a). در کشت مخلوط زیره‌سبز و نخود زراعی گزارش شد که میزان اسانس زیره‌سبز در ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بیشترین میزان اسانس را دارا بودند و بیشترین عملکرد اسانس زیره‌سبز در بین تیمارهای کشت مخلوط مربوط به ترکیب 50 درصد زیره‌سبز + 50 درصد نخود بود (Zarifpour et al., 2014). نتایج آزمایش انجام شده در کشت مخلوط شوید و لوبیا نشان داد که بیشترین عملکرد اسانس شوید از کشت مخلوط تک ردیفی به دست آمد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a).

صفات مربوط به ریحان

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، اثر الگوی کاشت بر عملکرد ماده خشک ریحان، درصد اسانس و عملکرد اسانس در چین اول و هم در چین دوم معنی‌دار بود (جدول 4).

جدول 4- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی و کیفی ریحان در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا و سیاهدانه

Table 4- Analysis of variance (mean of squares) on quantitative and qualitative traits of basil in different patterns in intercropping of ban and black cumin

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد ماده خشک در چین اول Yield of dry matter in first harvest	عملکرد ماده خشک در چین دوم Yield of dry matter in second harvest	درصد اسانس در چین اول Essential oil percentage in first harvest	درصد اسانس در چین دوم Essential oil yield in second harvest	عملکرد اسانس در چین اول Essential oil yield in first harvest	عملکرد اسانس در چین دوم Essential oil yield in second harvest	مجموع عملکرد ماده خشک Total dry matter	مجموع عملکرد اسانس Total essential oil yield
تکرار Replication	2	72^ns	3293^ns	0.001^ns	0.029*	0.25^ns	8**	39.25^ns	0.094^ns
تیمار Treatment	5	108356.6**	70148.8**	0.037*	0.043**	13.9**	15.4**	3371.76**	0.56**
خطا Error	10	10538.6	14384.7	0.008	0.005	1.83	1	452.60	0.034
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.26	8.24	12.77	7.72	8.95	8.42	6.87	7.87

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

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

بیشترین عملکرد ماده خشک ریحان در چین اول به میزان 193/3 گرم در مترمربع از تیمار کشت خالص به دست آمد، اما در چین دوم بالاترین عملکرد ماده خشک ریحان به میزان 160/1 گرم در مترمربع از کشت مخلوط نواری دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان حاصل شد که علت آن را می‌توان به اثر مثبت گیاه لگوم بر ریحان دانست که با استفاده از نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا توانست عملکرد ماده خشک را در چین دوم بالاتر ببرد. همان-گونه که در جدول 5 ملاحظه می‌گردد، کمترین مقدار عملکرد ماده خشک ریحان در هر دو چین از الگوی کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان حاصل شد به طوری‌که عملکرد ماده خشک ریحان در چین دوم نسبت به چین اول 12 درصد کاهش یافت (جدول 5).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط بر عملکرد کمی و کیفی ریحان

Table 5- Comparison of means the effect of different intercropping patterns on quantitative and qualitative traits of basil

الگوی کشت Cropping pattern	عملکرد ماده خشک در چین اول (گرم در مترمربع) Dry matter yield in first harvest ($g.m^{-2}$)	عملکرد ماده خشک در چین دوم (گرم در مترمربع) Dry matter yield in the second harvest ($g.m^{-2}$)	درصد اسانس در چین اول Essential oil percentage in the first harvest	درصد اسانس در چین دوم Essential oil yield in the second harvest	عملکرد اسانس در چین اول (گرم در مترمربع) Essential oil yield in the first harvest ($g.m^{-2}$)	عملکرد اسانس در چین دوم (گرم در مترمربع) Essential oil yield in the second harvest ($g.m^{-2}$)
کشت خالص Monocropping	193.33^{a*}	158.67^{ab}	0.57^{b}	0.60^{c}	1.1^{bc}	0.99^{bc}
یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 1 row bean+ 1 row basil	116^{b}	145.66^{ab}	0.82^{a}	0.96^{a}	1.32^{ab}	1.4^{a}
یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 2 rows bean+ 1 row basil	167.67^{b}	152^{ab}	0.80^{a}	0.89^{a}	1.38^{a}	1.35^{a}
دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان 2 Rows black cumin+ 4 rows bean+ 2 row basil	172.33^{b}	160^{a}	0.74^{ab}	0.87^{ab}	$1.2.8^{ab}$	1.41^{a}
سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان 3 Rows black cumin+ 6 rows bean+ 3 row basil	153.67^{bc}	135.6^{bc}	0.63^{b}	0.82^{ab}	0.96^{c}	1.13^{b}
چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان 4 Rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 row basil	136.8^{c}	120.1^{c}	0.61^{b}	0.74^{bc}	0.84^{c}	0.88^{c}

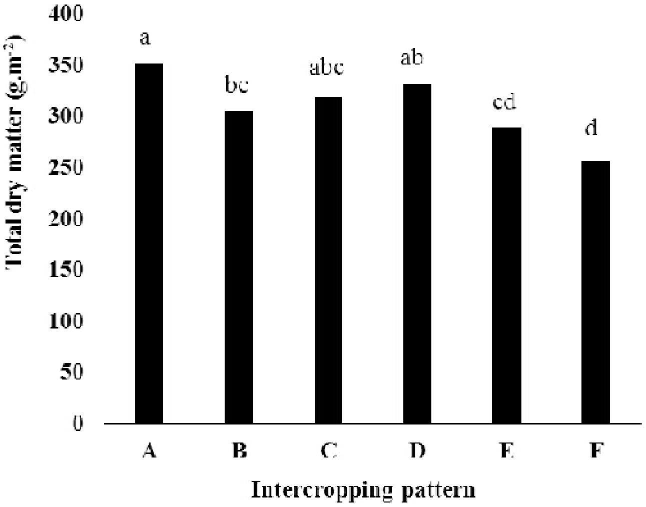
* میانگین‌های فاقد حروف مشترک در هر ستون، بر اساس آزمون دانکن دارای اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

* Means with different letters in each column are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

بالاترین مجموع وزن خشک حاصل از دو چین از کشت خالص ریحان به دست آمد، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان و دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان نداشت (شکل 1).

طبق نتایج حاصل از آزمایش حاضر، در مجموع عملکرد ماده خشک ریحان در چین اول بالاتر از چین دوم به دست آمد. احتمالاً یکی از دلایل کاهش مجموع عملکرد ماده خشک ریحان در چین دوم نسبت به چین اول را به فاصله بین برداشت اول ریحان تا شروع رشد مجدد آن می‌توان نسبت داد که فرصت مناسبی را برای رشد علف‌های هرز فراهم کرده و از این طریق باعث کاهش عملکرد در چین دوم شده است. همچنین با توجه به این‌که بررسی آزمایش در شرایط کم‌نهاده انجام شد و در طول دوره رشد از هیچ‌گونه کود (اعم از شیمیایی و غیرشیمیایی) در تیمارها استفاده نشد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که در بازرویش پس از چین اول گیاهان به خصوص در کشت خالص با کمبود مواد غذایی مواجه شدند، ولی در کشت‌های مخلوط گیاهان با استفاده از نیتروژن تثبیت‌شده توسط لوبیا توانستند عملکرد ماده خشک را بهبود دهند.

نتایج تحقیقات قبلی نشان داده است که در کشت مخلوط نواری حداکثر جذب نور و سایر منابع در ردیف‌هایی بروز خواهد کرد که گیاهان به گونه‌ای در مجاورت یکدیگر قرار داشته باشند تا اثرات تسهیل‌کنندگی دو گونه در کنار هم بروز کند، بنابراین، با فاصله گرفتن از ردیف‌های گیاهان همراه، اثر متقابل گیاهان روی یکدیگر کاهش می یابد (Koocheki et al., 2010a).



شکل1- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر مجموع عملکرد ماده خشک دو چین ریحان

Fig. 1- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on total dry matter of the first and second harvest of basil

A: کشت خالص ریحان، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

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

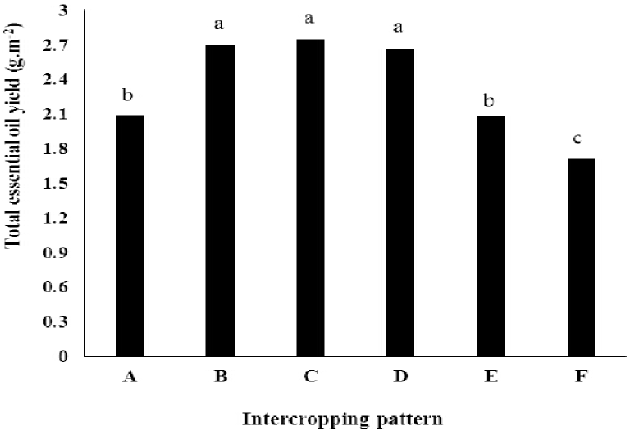
Means with different letters are significantly different based on Duncan’s at 5% probability level.

در تحقیق دیگری با ارزیابی عملکرد و سودمندی کشت مخلوط ردیفی و نواری سویا با همیشه‌بهار مشخص که بیشترین وزن خشک گل‌آذین همیشه‌بهار در کشت مخلوط ردیفی و کمترین مقدار عملکرد از کشت مخلوط نواری چهار ردیف همیشه‌بهار + چهار ردیف سویا به دست آمد که نشان می‌دهد نحوه مجاورت گونه‌ها در کشت مخلوط عامل مهمی در افزایش یا کاهش عملکرد نسبت به کشت خالص بوده است (Allahdadi et al., 2015). نتایج آزمایش انجام شده روی کشت مخلوط ریحان و لوبیا نشان داد که در چین اول بیش‌ترین ماده خشک ریحان از کشت خالص به دست آمد و در چین دوم کشت ریحان خالص دارای بالاترین تولید ماده خشک در واحد سطح بود، اما اختلاف تولید ماده خشک در کشت‌های مخلوط نواری چهار ردیف ریحان + دو ردیف لوبیا و کشت ردیفی با ریحان خالص در برداشت دوم بسیار کمتر از برداشت اول مشاهده شد (Alizadeh et al., 2010). محققان دیگری در بررسی عملکرد علوفه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrium* L.) در کشت مخلوط افزایشی با ریحان اظهار داشتند که بیشترین عملکرد ریحان در کشت خالص به دست آمد (Safikhani et al., 2014). در مطالعه نسبت‌های مختلف جایگزینی کشت مخلوط سویا با دو گیاه ریحان و گاوزبان اروپایی مشخص شد که عملکرد ریحان در چین دوم نسبت به چین اول کاهش یافت و با افزایش ردیف‌های سویا در کشت مخلوط از عملکرد ریحان کاسته شد (Bagheri Shirvan et al., 2014).

بالاترین درصد اسانس ریحان در چین اول از کشت مخلوط ردیفی (0/82 درصد) و کم‌ترین درصد اسانس (0/57 درصد) از کشت خالص حاصل شد که در مقایسه با کشت خالص 30 درصد افزایش داشت. اگر چه در الگوهای مختلف کشت مخلوط درصد اسانس بالاتر بود، اما به تدریج با افزایش عرض نوارها از درصد اسانس ریحان در کشت مخلوط کاسته شد (جدول 5). در چین دوم، بالاترین درصد اسانس در کشت مخلوط ردیفی (0/96 درصد) و کمترین میزان (0/62 درصد) از کشت خالص به دست آمد (جدول 5). به نظر می‌رسد کشت ریحان به همراه گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن نیز از جمله دلایل مهم افزایش درصد اسانس این گیاه در تیمارهای کشت مخلوط باشد.

تحقیقات قبلی نشان داده است که به هنگام استفاده از گیاهان تیره لگومینوز در سیستم‌های چندکشتی جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در سطح مشخصی از زمین، بیشتر از مقدار جذب آن‌ها توسط هر یک از کشت‌های خالص است (Eskandari & Ghanbari, 2010). در نتیجه جذب عناصر غذایی افزایش و به دنبال آن رشد و فتوسنتز گیاهی بهبود می‌یابد. از آن‌جا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی هستند و واحدهای سازنده آن‌ها مانند ایزوپنتنیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند و با توجه به این موضوع که حضور عناصری مانند نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این‌رو به نظر می‌رسد، هر عاملی که باعث افزایش جذب عناصر غذایی گردد در نهایت می‌تواند منجر به افزایش میزان اسانس گیاه نیز گردد (Rezvani Moghaddam et al., 2013).

در چین اول، بیشترین عملکرد اسانس از کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان و کمترین عملکرد اسانس به کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان تعلق داشت (جدول 5). در چین دوم، بالاترین عملکرد اسانس از کشت مخلوط نواری دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان و کمترین مقدار آن مشابه چین اول از کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان به دست آمد (جدول 5). همچنین، کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان دارای بالاترین مجموع اسانس حاصل از دو چین بود که با کشت مخلوط نواری یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان و دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان تفاوت معنی‌داری را نشان نداد (شکل 2).



شکل 2- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر مجموع عملکرد اسانس دو چین ریحان

Fig. 2- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on total essential oil yield of the first and second harvest of basil

A: کشت خالص ریحان، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

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

Means with different letters are significantly different based on Duncan’s at 5% probability level.

نتایج مطالعه روی کشت مخلوط شمعدانی عطری (*Pelargonium graveolens* L.) و نعناع *Mentha piperata* (L.) نشان داد که عملکرد اسانس نعناع با افزایش عرض نوار از 60 سانتی‌متر به 120 سانتی‌متر به طور معنی‌داری کاهش یافت، اما عملکرد اسانس شمعدانی عطری تحت تأثیر عرض نوار قرار نگرفت (Rajsawara, 2002). با بررسی کشت مخلوط سویا و نعناع بر عملکرد و کیفیت اسانس نعناع گزارش شد که عملکرد کمی و کیفی نعناع در کشت مخلوط بالاتر از کشت خالص بود (& Maffei

(Mucciarelli, 2003). محققان دیگری با بررسی کشت مخلوط لوبیا و ریحان دریافتند که از نظر درصد اسانس بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، اما عملکرد اسانس در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ریحان دو لوبیا در شرایط کنترل علف‌هرز بیشتر از همه تیمارها بود (Alizadeh et al., 2010).

صفات مربوط به لوبیا

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد بین الگوهای مختلف کاشت از لحاظ عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود دارد (جدول 6).

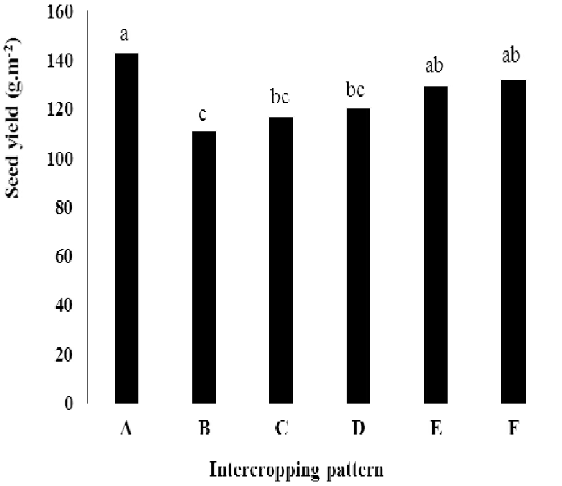
جدول 6- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با سیاهدانه و ریحان

Table 6- Analysis of variance (mean of squares) on seed and biological yield of bean in different patterns in intercropping of black cumin and basil

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	2	4093.55 ns	49354.67ns
تیمار Treatment	5	40477.67**	2960042.66**
خطا Error	10	8381.56	125877. 33
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	7.30	6.42

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

ns and **: Non significant and significant at p≤0/01, respectively.



شکل 3- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر عملکرد دانه لوبیا

Fig. 3- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on the seed yield of bean

A: کشت خالص لوبیا، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

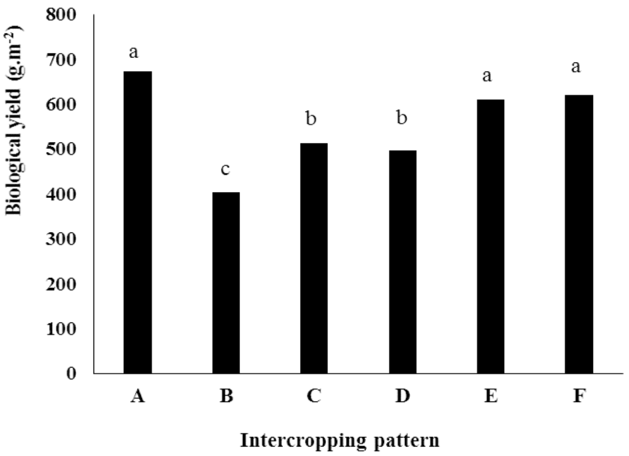
میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Means with different letters are significantly different based on Duncan’s at 5% probability level.

بیشترین و کمترین عملکرد دانه به ترتیب از کشت خالص و کشت مخلوط تک ردیفی به میزان 143 و 111 گرم در مترمربع حاصل شد. هر چند تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه در تیمار کشت خالص لوبیا با کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان وجود نداشت (شکل 3).

طبق نتایج به دست آمده توسط سایر محققان مشخص گردید هنگامی‌که ساختار کانوپی در کشت مخلوط طوری طراحی گردد که نفوذ نور و جذب آن توسط کانوپی گیاه افزایش یابد، عملکرد بهبود می‌یابد (Koocheki et al., 2010a). با توجه به نتیجه تحقیق حاضر چنین به نظر می‌رسد که تعداد ردیف اصلی‌ترین موضوع در افزایش عملکرد در واحد سطح بوده است، چرا که هر چه تعداد ردیف‌های لوبیا در کشت مخلوط نواری بالاتر رفت، عملکرد دانه بیشتر شد، چرا که شرایط مطلوبی برای بوته‌های لوبیا در دستیابی و بهره‌برداری از منابع محیطی فراهم شده و با بهره‌برداری مطلوب‌تر از این منابع بر عملکرد دانه لوبیا افزوده شد. از طرفی، پایین بودن عملکرد لوبیا در کشت مخلوط ردیفی را می‌توان به افزایش رقابت بین‌گونه‌ای سیاهدانه و ریحان با لوبیا و کاهش فضای زیستی نسبت داد که سبب کاهش جذب نور و کاهش فتوسنتز و رشد لوبیا شده و به دنبال آن عملکرد آن را کاهش داده است (Hauggaard-Nielsen et al., 2009). در بررسی عملکرد گیاه دارویی سیاهدانه در کشت مخلوط با نخود و لوبیا مشخص شد که عملکرد دانه هر سه گیاه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت و میانگین این صفت در کشت خالص نسبت به کشت مخلوط بالاتر بود (Koocheki et al., 2014).

بیشترین عملکرد بیولوژیک (673/3 گرم در مترمربع) از کشت خالص و کمترین مقدار آن (404 گرم در مترمربع) از کشت مخلوط تک ردیفی حاصل شد. از نظر آماری کشت مخلوط نواری چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان تفاوت معنی‌داری با کشت خالص لوبیا نشان نداد (شکل 4).



شکل 4- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان بر عملکرد بیولوژیک لوبیا

Fig. 4- The effect of different intercropping patterns of black cumin, bean and basil on the biological yield of bean

A: کشت خالص لوبیا، B: یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، C: یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان، D: دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان، E: سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و F: چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان

A: monoculture of basil, B: 1 row of black cumin+ 1 row of bean+ 1 row of basil, C: 1 row of black cumin+ 2 rows of bean+ 1 row of basil, D: 2 rows of black cumin+ 4 rows of bean+ 2 rows of basil, E: 3 rows of black cumin+ 6 rows of bean+ 3 rows of basil and F: 4 rows of black cumin+ 8 rows of bean+ 4 rows of basil

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

Means with different letters are significantly different based on Duncan's at 5% probability level.

افزایش عملکرد بیولوژیکی لوبیا در تیمارهای مذکور می‌تواند ناشی از الگوهای مکمل[1] استفاده از منابع و اثرات متقابل تسهیل‌کنندگی[2] بین سه گونه باشد. بنابراین به نظر می‌رسد در این آرایش‌های کشت به دلیل ایجاد ساختار کانوپی و آرایش مطلوب،

1- Complementary pattern

2- Facilitative interaction

شرایط مطلوبی برای بوته‌های لوبیا در دستیابی به شرایط و منابع محیطی فراهم شده است. در مطالعه الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی و لوبیا گزارش گردید که بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک لوبیا در کشت خالص و کمترین مقدار آن در الگوی 4:4 حاصل شده است (Koocheki et al., 2012). محققان دیگری با مطالعه کشت مخلوط نواری و ردیفی ریحان و لوبیا نشان دادند که بالاترین عملکرد دانه لوبیا و عملکرد بیولوژیک از کشت خالص به - دست آمد. این محققان علت افزایش عملکرد لوبیا را به بالا بودن تراکم لوبیا در کشت خالص نسبت داده‌اند (Alizadeh et al., 2010). در بررسی الگوهای مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس در کشت دوم مشخص شد که بیش‌ترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک عدس از کشت خالص و کم‌ترین مقادیر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از الگوی کشت مخلوط نواری شش ردیف عدس با دو ردیف زیره‌سبز حاصل شد (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a).

نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری زمین جزئی هر یک از گیاهان در سه تیمار مخلوط حاکی از نحوه اثر متقابل گیاهان مورد بررسی بر یکدیگر و تأثیرپذیری هر یک از آن‌ها از مخلوط است؛ همان‌گونه که از جدول 7 مشاهده می‌شود نسبت برابری زمین جزئی در بین گیاهان و تیمارهای مختلف تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان داد. بالاترین LER جزئی سیاهدانه (0/64) و لوبیا (0/66) از کشت مخلوط سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان و در مورد ریحان (0/71) از تیمار کشت مخلوط دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان به دست آمد (جدول 7). در تحقیق حاضر مشخص شد که LER جزئی ریحان بالاتر از لوبیا و سیاهدانه بود که می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که ریحان از کشت مخلوط با لوبیا و سیاهدانه اثر مثبت بیشتری در مقایسه با سایر گیاهان پذیرفته است که این امر احتمالاً مربوط به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا می‌باشد که بازرویش سریع‌تری را برای ریحان پس از چین اول به همراه داشته است.

جدول 7- نسبت برابری زمین جزئی و نسبت برابری زمین کل در الگوهای مختلف کشت مخلوط ریحان، لوبیا و سیاهدانه

Table 7- Partial land equivalent ratio and total land equivalent ratio (LER) in different patterns in intercropping of basil, bean and black cumin

الگوی کشت Cropping pattern	نسبت برابری زمین جزئی سیاهدانه Partial land equivalent ratio of black cumin	نسبت برابری زمین جزئی لوبیا Partial land equivalent ratio of bean	نسبت برابری زمین جزئی ریحان Partial land equivalent ratio of basil	نسبت برابری زمین کل Total LER
یک ردیف سیاهدانه + یک ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 1 row bean+ 1 row basil	0.57	0.54	0.59	1.70
یک ردیف سیاهدانه + دو ردیف لوبیا + یک ردیف ریحان 1 Row black cumin+ 2 rows bean+ 1 row basil	0.55	0.57	0.66	1.78
دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان 2 Rows black cumin+ 4 rows bean+ 2 rows basil	0.62	0.60	0.71	1.93
سه ردیف سیاهدانه + شش ردیف لوبیا + سه ردیف ریحان 3 Rows black cumin+ 6 rows bean+ 3 rows basil	0.64	0.66	0.58	1.88
چهار ردیف سیاهدانه + هشت ردیف لوبیا + چهار ردیف ریحان 4 Rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 rows basil	0.45	0.64	0.48	1.57

در بررسی کشت مخلوط زیره سبز و عدس مشخص شد که LER جزئی زیره سبز بالاتر از نخود بود و این نشان‌دهنده این است که عدس روی زیره‌سبز اثر مثبت داشته است (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014a). بر اساس مطالعات برخی محققان در کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و شاهدانه (*Cannabis sativa* L.) (Koocheki et al., 2010b) و کشت مخلوط زنیان و شنبلیله (Rezaei-Chiyaneh et al., 2014c) در تیمارهای مختلف کشت مخلوط، LER جزئی شاهدانه و زنیان نسبت به کنجد و شنبلیله بالاتر بود که نشان‌دهنده غالبیت این گیاهان در کشت مخلوط بوده است.

در تمامی الگوهای مختلف کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان LER کل بالاتر از یک بود که نشان می‌دهد در کشت مخلوط سود مثبت وجود دارد و تسهیل بین‌گونه‌ای بیش از رقابت بین‌گونه‌ای بوده است. بنابراین، کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی در این الگوهای کشت برتری داشت. کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان بیشترین (1/93) میزان نسبت برابری زمین کل را در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط به خود اختصاص داد که معادل 93 درصد افزایش در بهره‌وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص سه گونه بود (جدول 7). کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد مخلوط، بیشتر از حداکثر محصول تک‌کشتی باشد. اضافه عملکرد به دست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع بیولوژیک نظیر تشعشع، عناصر غذایی و آب توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، سیستم ریشه‌ای بین آن‌ها و تثبیت و جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت داد (Hamzei & Ghamari Rahim, 2014; Aynehband, 2077; Willey, 1990; Vandermeer, 1989) در بررسی کشت مخلوط کشت مخلوط ذرت و لوبیا (Hamzei & Seyedi, 2012)، کدوی تخم کاغذی (*Cucurbita pepo* L.) با کنجد و ماش (*Vigna radiata* L. R. Wilczek.) (Rastgoo et al., 2015) و زیره‌سبز با شنبلیله (Zarifpour et al., 2014) مقدار LER را در تمام تیمارهای مخلوط بالاتر از یک گزارش کرده‌اند که با نتیجه آزمایش حاضر مطابقت دارد که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که عملکرد سیاهدانه، لوبیا و ریحان تحت تأثیر معنی‌دار الگوهای مختلف کاشت قرار گرفت. عملکرد لوبیا با افزایش عرض نوار و تغییر الگوی کشت مخلوط ردیفی به سمت کشت مخلوط نواری به دلیل افزایش تعداد ردیف‌های لوبیا، افزایش غالبیت این گیاه و استفاده بهتر از منابع محیطی افزایش یافت، اما با افزایش عرض نوار به دلیل کاهش اثرات تسهیل و تکمیل‌کنندگی عملکرد هر دو گونه سیاهدانه و ریحان و همچنین، LER کاهش پیدا کرد. حضور لوبیا در کنار سیاهدانه و ریحان در تیمارهای مختلف به احتمال زیاد با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن موجب افزایش اسانس هر دو گیاه گردید که می‌توان از این موضوع در تولید این گیاه دارویی با مصرف کم‌نهاده‌های شیمیایی که در تولید گیاهان دارویی حائز اهمیت است، بهره جست. بیشترین نسبت برابری زمین کل (1/93) از کشت مخلوط نواری با نسبت دو ردیف سیاهدانه + چهار ردیف لوبیا + دو ردیف ریحان به دست آمد که نشان‌دهنده افزایش سودمند زراعی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص سه گونه دارد و این تیمار می‌تواند برای ایجاد پایداری و ثبات تولید در افزایش درآمد اقتصادی و بهره‌وری استفاده از زمین‌های کشاورزی به طور قابل ملاحظه‌ای مؤثر باشد. در نهایت با توجه به یافته‌های حاصل از این پژوهش می‌توان اظهار داشت که کشت مخلوط سیاهدانه، لوبیا و ریحان به دلیل استفاده بهتر از منابع موجود مانند نور، آب و مواد غذایی نسبت به کشت خالص سه گیاه برتری داشت.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره 94/ب/1 مصوب 1393/10/07 معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه ارومیه تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Ahmadvand, P., and Hajinia, S. 2015. Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). Journal of Agroecology 7(4): 485-498. (In Persian with English Summary)

Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 541-553. (In Persian with English Summary)

Allahdadi, M., Shakiba, M.R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., and Amini, R. 2013. Evaluation of competition, yield quantity and quality of soybean (*Glycine max* L.) Merrill.) and calendula (*Calendula officinalis* L.) in intercropping systems. Journal of Agroecology 7(1): 38-51. (In Persian with English Summary)

Aynehband, A. 2007. Ecology of agriculture systems. Shahid Chamran University Press 374 pp.

Bagheri Shirvan, M., Zaefarian, F., Bicharanlou, B., and Asadi, G.A. 2014. Evaluation of replacement intercropping of soybean (*Glycine max* L.) with sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.) under weed infestation. Journal of Agroecology 6(1): 70-83. (In Persian with English Summary)

Clevenger, J.F. 1928. Apparatus for determination of essential oil. Journal of the American Pharmacists Association 17: 346-349.

Eskandari, H., and Ghanbari, A. 2010. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 67-75. (In Persian with English Summary)

Franco, J.G., King, S.R., Masabni, J.G., and Volder, A. 2015. Plant functional diversity improves short-term yields in a low-input intercropping system. Agriculture, Ecosystems and Environment 203: 1-10.

Gholinezhad, E., and Rezaei-Chiyaneh, E. 2014. Evaluation of grain yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 16(3): 236-249. (In Persian with English Summary)

Griffe, P., Metha, S., and Shankar, D. 2003. Organic Production of Medicinal, Aromatic and Dye-yielding Plants (MADPs): Forward, Preface and Introduction, FAO.

Hamzei, J., and Seyedi, M. 2012. Determination of the best intercropping combination of wheat and rapeseed based on agronomic indices, total yield and land use equivalent ratio. Journal of Crop Production and Processing 2(5): 109-119.

Hamzei, J., Ghamari Rahim, N. 2014. Evaluation of the effect of additive intercropping of *Phaseolus vulgaris* in weed control at the maize field and its effects on yield and land use efficiency. Journal of Crop Production and Processing 3(10): 89-99. (In Persian with English Summary)

Hauggaard-Nielsen, H., Gooding, M., Dibet, P., Von Fragstein, A., Pristeri, M., Monti, E., and Jensen, A. 2009. Pea–barley intercropping for efficient symbiotic N_2-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crops Research 113: 64-71.

Javanmard, A., dabbagh Mohammadi Nasab, A., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, Nasiri, Y., and Shekari, F. 2013. Evaluation of some agronomic and physiological traits and forage quality in maize-legume intercropping as double cropping. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 2: 1-19. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Feizi, H., Amirmoradi, S., and Mondani, F. 2010a. Effect of strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on yield and land equivalent ratio in weedy and weed free conditions. Journal of Agroecology 2(2): 225-235. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Khorramdel, S., Anvarkhah, S., Sabet Teimouri, M., and Senjani, S. 2010b. Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. Journal of Agroecology 2: 27-36. (In Persian with English Summary)

Koocheki, A., Shabahang, J., Khorramdel, S., and Amin Ghafouri, A. 2012. Row intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) on possible evaluating of the best strip width and assessing of its ecological characteristics. Journal of Agroecology 4: 1-11. (In Persian with English Summary)

Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crops Research 84: 229-240.

Majnoon Hosseini, N., and Davazdahemami, S. 2007. Cultivation and production of certain herbs and spices. Tehran University Press, Iran 300 pp. (In Persian)

Obiero, C., Birech, R., Maling'a, J., and Freyer, B. 2013. Effect of intercropping castor with maize and beans on growth, yield and seed oil content. International Journal of Plant Research 4: 52-62.

Omidbeigi, R. 2007. Production and processing medicinal plants. Volume three. Astan Quds Razavi Press, Mashhad, Iran 397 pp. (In Persian)

Rajsawara, R.B.R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) as influenced by row spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. piperascens Malin. ex Holmes). Industrial Crops and Products 16: 133-144.

Rastgoo, S., Aynehband, A., and Fateh, E. 2015. Competitiveness of sesame and mung bean crops in both monocropping and intercropping systems. Journal of Agroecology 7(3): 356-367. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Gholinezhad, E. 2105. Agronomic characteristics of intercropping of additive series of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 7(3): 381-396. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Tajbakhsh, M., Valizadegan, O., and Banaei-Asl, F. 2014a. Evaluation of different intercropping patterns of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and lentil (*Lens culinaris* L.) in double crop. Journal of Agroecology 5(4): 426-472. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., Valizadegan, O., Tajbakhsh, M., Dabbagh Mohammadi Nassab, A., and Rimaz, V. 2014b. Evaluation of agronomical yield and insect diversity at diffirent intercropping patterns of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and dill (*Anethun graveolens* L.). Journal of Crops Improvement 2(16): 353-368. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Dabbagh Mohammadi Nassab, A. 2014c. Evaluation of integrated application of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of ajowan in strip intercropping with of fenugreek. Journal of Agroecology 6(3): 582-594. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., Aminghafori, A., Bakhshaie, S., and Jafari, L. 2013. The effect of organic and biofertilizers on some quantitative characteristics and essential oil content of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology 5(2): 105-112. (In Persian with English Summary)

Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of cumin and fenugreek. Iranian Journal of Crop Sciences 2: 217-230. (In Persian with English Summary)

Safikhani, S., Chaichi, M.R., and Poor-Babaei, A.A. 2014. The effect of different N fertilizer sources on forage yield of Berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) in an additive intercropping system with basil (*Ocimum basilicum* L.) in Karaj climatic conditions. Journal of Agroecology 6(2): 290-300. (In Persian with English Summary)

Singh, M., Singh, A., Singh, R.S., Tripathi, A.K., Singh, D., and Patra, D. 2010. Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) as a green manure to improve the productivity of a menthol mint (*Mentha arvensis* L.) intercropping system. Industrial Crops and Products 31: 289-293.

Vandermeer, J.H. 1989. The Ecology of intercropping, Cambridge University Press 297 pp.

Willey, R.W. 1990. Resource use in intercropping system. Agricultural Water Management 17: 215-231.

Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M.T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 34-43. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 263-280

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 280-263

Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Different Intercropping Patterns with Bean (*Phaseolusvulgaris* L.)

E. Rezaei-Chiyaneh[1*]

Submitted: 07-06-2015
Accepted: 28-07-2015

Rezaei-Chiyaneh, E. 2016. Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Black Cumin (*Nigella sativa* L.), and Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Different Intercropping Patterns with Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agroecology 8(2): 263-280.

Introduction

Cultivation of medicinal plants in agricultural ecosystems plays an important role in the diversification and sustainability of these systems (Rezaei-Chiyaneh & Dabbagh Mohammadi Nassab, 2014). Therefore, the application of ecological principles such as multi-ship system seems essential in the production of these plants. Zarifpour et al. (2014) in intercropping arrangements of cumin and chickpea showed that different cropping patterns had a significant effect on chickpea and cumin yield and the highest essential oil and land equivalent ratio achieved by planting ratio 50% cumin + 50% chickpea. Therefore, the objectives of the present study were to examine the effect of different intercropping patterns of black cumin and basil with bean on their yield and qualitative traits.

Materials and methods

In order to evaluate some quantitative and qualitative traits of black cumin (*Nigella sativa* L.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) in different intercropping patterns with bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and land use efficiency, a field experiment was conductedbased on a randomized complete block design with eight treatments and three replications at the farm located in West Azerbaijan province in Nagadeh, Iran during growing reason about 2013-2014. Cropping patterns included row intercropping (one row of black cumin+ one row of bean+ one row of basil) and strip intercropping (one row of black cumin+ two rows of bean+ one row of basil, two rows of black cumin+ four rows of bean+ two rows of basil, three rows of black cumin+ six rows of bean+ three rows of basil, four rows of black cumin+ eight rows of bean+ four rows of basil) and their solecropping.

Black cumin was harvested when they turned brown, dried and shelled, and bean was harvested when the first pod of the plants fully matured and dried. Basil was harvested in the first and the second harvest at 50% of flowering.

Land Equivalent Ratio (LER)

Land equivalent ratio of basil, black cumin and bean was calculated using equation 1 (Koocheki et al., 2014):

Equation 1: $$LER = \frac{Y_1}{B_1} + \frac{Y_2}{B_2} + \frac{Y3}{B3}$$

Where, Y_1, Y_2 and Y_3 represent basil, black cumin and bean yield in intercropping, respectively and B_1, B_2 and B_3 represent basil, black cumin and bean yield in solecropping, respectively.

Results and discussion

Results revealedthat the economic yield of three plants was significantly affected by treatments and theaverage yield was higher in solecropping than intercropping. By increasing in strip width seed yield of black cumin, dry matter yield in the first, and the second harvest of basil were decreased 30, 29, and 24 percent, respectivelycompared to monoculture. However, seed yield and biological yield of bean did not indicate any significant differences at solecropping with four rows of black cumin+ eight rows of bean+ four rows of basil. Higher seed yield and biological yield of sole cropped may be due to the fewer disturbances in the habitat in homogeneous environment of monocropping systems. Moreover, no significant difference between sole

1- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Urmia, Iran.
(*- Corresponding author Email: Ismaeil.rezaei@gmail.com)

cropping of bean with combinations of 4 rows black cumin+ 8 rows bean+ 4 rows basil may be due to facilitative interaction in this combination. The percentage of essential oil in black cumin and basil of all treatments was higher than solecropping. Higher essential oil yield in intercropped could be due to the positive effect of bean such as nitrogen fixation for black cumin and basil. The essential oil content of black cumin and basil are, furthermore, positively affected by intercropping with bean.The maximum land equivalent ratio (1.93) was obtained in two rows of black cumin+ four rows of bean+ two rows of basil that represents an increase advantages in intercropping than solecropping.

Conclusion

The results showed that quantitative and qualitative yield of three species was affected by planting ratio. The maximum seed and biological yield of three species were obtained at solecropping. The percentage of essential oil in black cumin and basil of all treatments were higher than solecropping. The LER index was higher than one in all intercropping treatments compared to solecropping systems. Generally,it seems that the cropping pattern “two rows of black cumin+ four rows of bean+ two rows of basil“ is remarkably effective to increase the economic income and land use efficiency.

Keywords: Economic yield, Essential oil, Intercropping, Medicinal plants, Multicropping, Sustainable agriculture

References

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Borumand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Yield responses of black cumin (*Nigella sativa* L.) to intercropping with chickpea (*Cicer arietinum* L.) and bean (*Phaseoluse vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary)

Rezaei-Chiyaneh, E., and Dabbagh Mohammadi Nassab, A. 2014. Evaluation of integrated application of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of ajowan in strip intercropping with of fenugreek. Journal of Agroecology 6(3): 582- 594. (In Persian with English Summary)

Zarifpour, N., Naseri Poor Yazdi, M.T., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Effect of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) on quantity and quality characteristic of species. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 34-43. (In Persian with English Summary)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 281-295

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 295-281

بررسی جریان انرژی در مزارع گندم دیم و آبی شهرستان شهرکرد تحت دو روش خاکورزی

حسین کاظمی[1*]، پریسا علیزاده[2] و علی نهبندان[2]

تاریخ دریافت: 1394/04/17
تاریخ پذیرش: 1394/08/17

کاظمی، ح.، علیزاده، پ.، و نهبندان، ع. 1395. بررسی جریان انرژی در مزارع گندم دیم و آبی شهرستان شهرکرد تحت دو روش خاکورزی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 295-281.

چکیده

تجزیه و تحلیل انرژی یک بوم‌نظام زراعی به منظور دستیابی به تولید پایدار ضروری است. در این بررسی جریان انرژی در دو سامانه زراعی گندم آبی و دیم تحت دو نظام خاکورزی در شهرستان شهرکرد در سال 1392 با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه با کشاورزان برآورد و مقایسه گردید. این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار مدیریت (کشت دیم بدون خاکورزی و با خاکورزی، کشت آبی بدون خاکورزی و با خاکورزی) اجرا شد، که در آن 10 مزارع در هر مدیریت به عنوان تکرار در نظر گرفته شد. در این تحقیق شاخص‌های کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی خالص، انرژی ویژه، انرژی مستقیم و غیرمستقیم و انرژی تجدیدپذیر و غیر تجدیدپذیر محاسبه شدند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که حداکثر انرژی ورودی مربوط به سامانه کشت آبی با خاکورزی (معادل 29586 مگاژول در هکتار) و حداکثر انرژی خروجی در سامانه کشت آبی بدون خاکورزی (معادل 70743 مگاژول در هکتار) بود. بیشترین (2/43) و کمترین (1/03) کارایی مصرف انرژی در بخش دانه، به ترتیب مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی و دیم با خاکورزی بود. همچنین بیشترین انرژی مصرفی گندم آبی در هر دو سامانه بدون خاکورزی و با خاکورزی به ترتیب مربوط به کود نیتروژن (9429 و 1092 مگاژول در هکتار) و بعد از آن به آبیاری (8323 و 5117 مگاژول در هکتار) تعلق داشت و برای گندم دیم نیز بیشترین انرژی مصرفی به ترتیب در دو سامانه با خاکورزی و بدون خاکورزی مربوط به کود نیتروژن (8529 و 7220 مگاژول در هکتار) و بذر (4367 و 2412 مگاژول در هکتار) محاسبه شد. در هر دو مزارع آبی و دیم روش‌های بدون خاکورزی، دارای انرژی غیرمستقیم و غیر تجدیدپذیر بیشتری نسبت به روش‌های دارای خاکورزی بودند. به طور کلی از نظر شاخص‌های جریان انرژی، بهترین سامانه کشت در این منطقه مربوط به کشت آبی با روش بدون خاکورزی بود. بنابراین جهت کاهش مصرف منابع انرژی تجدیدناپذیر در منطقه مورد مطالعه، کاهش مصرف کودهای شیمیایی از جمله نیتروژن از طریق مدیریت بهینه کود، قرار دادن بقولات در تناوب زراعی، استفاده از کود سبز، استفاده از کود دامی و آلی و نیز مدیریت صحیح آب آبیاری توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر، انرژی مستقیم و غیرمستقیم، کارایی انرژی

مقدمه

امروزه مصرف انرژی در بخش کشاورزی به دلیل رشد جمعیت و تهیه مواد غذایی کافی برای این جمعیت در حال رشد افزایش یافته است. محدودیت منابع انرژی و اثرات سوء مصرف منابع انرژی تجدیدناپذیر همچون سوخت‌های فسیلی روی محیط زیست و سلامت انسان به دلیل استفاده نادرست از انرژی، مطالعه الگوی مصرف انرژی و نهاده‌های انرژی‌بر را در بوم‌نظام‌ها ضروری ساخته است (Yuosefi & Madavi Damghani, 2013). استفاده کارامد از انرژی در کشاورزی یکی از شرایط مهم در پیدایش کشاورزی پایدار است، زیرا موجب صرفه‌جویی اقتصادی، حفظ سوخت‌های فسیلی و کاهش آلودگی‌های محیطی می‌گردد. از این‌رو، ارزیابی انرژی مصرفی در سامانه‌های مختلف کشاورزی یکی از روش‌های تعیین سطح پایداری در این سامانه‌ها است. در حقیقت محاسبه انرژی ورودی و انرژی خروجی بوم‌نظام‌های کشاورزی دو عامل کلیدی برای تعیین کارایی مصرف انرژی و همچنین کارایی بوم‌شناختی در سامانه‌های

1 و 2- به ترتیب استادیار و دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: hossein_k_p@yahoo.com)

کشاورزی می‌باشد. بنابراین شناسایی روش‌هایی برای تولید محصول که بتواند کارایی مصرف انرژی را به حداکثر و تولید گازهای گلخانه-ای و مصرف سوخت‌های فسیلی را به حداقل برساند، باید از اولویت-های پژوهشی و تحقیقاتی بخش کشاورزی به شمار آید (Alipour et al., 2013).

مصرف انرژی در مزرعه برای تولید محصولات کشاورزی شامل دو بخش مصرف مستقیم و غیرمستقیم انرژی می‌باشد. نوع اول شامل انرژی سوخت مصرفی تراکتورها، موتورپمپ‌ها، خشک‌کن‌ها و دیگر ماشین‌ها و نیز انرژی الکتریکی مصرفی الکتروموتورها می‌باشد. مصرف غیرمستقیم انرژی در ساخت تجهیزات مزرعه، کود، آفت‌کش و نیز برای فرآیندسازی و حمل و نقل موادغذایی است (Shirchi Skoohi, 2011). تاکنون مطالعات فراوانی روی ورودی‌ها و خروجی-های انرژی در بوم‌نظام‌های کشاورزی ایران و سایر کشورها صورت گرفته است. در کشور ما اکثر این مطالعات به محصولات اساسی مثل گندم (*Triticum aestivum* L.)، برنج (*Oryza sativa* L.)، سویا (*Glycine max* L. Merr.)، ذرت (*Zea mays* L.) معطوف شده و کمتر نوع مدیریت مزارع تولید این محصولات باهم مقایسه شده است. به عنوان مثال نسبت انرژی گندم دیم در شهرستان اقلید بررسی و مشخص شد که نسبت انرژی با در نظر گرفتن دانه 1/06 و با درنظر گرفتن مجموع دانه و کاه 1/60 می‌باشد (Molaei et al., 2009). همچنین کل انرژی نهاده‌های گندم دیم به طور متوسط 12/49 گیگاژول در هکتار بوده و با توجه به کل انرژی ستانده (دانه و کاه) 20/056 گیگاژول در هکتار، افزوده انرژی برابر 7/54 گیگاژول در هکتار به دست آمد. در بررسی موازنه انرژی در مزارع گندم دیم استان کرمانشاه گزارش شد که میزان کارایی انرژی برای محصول دانه و کاه به ترتیب 0/818 و 0/703 می‌باشد (Abdollahpour & Zarei, 2010). همچنین صفا و طباطبایی (Safa & Tabatabaei, 2002) در بررسی انرژی مصرفی در تولید گندم آبی و دیم در منطقه ساوه نسبت انرژی را در گندم آبی 1/17 تا 0/68 و در گندم دیم 0/99 به دست آوردند که بیشترین انرژی نهاده‌های مصرفی در گندم آبی مربوط به آبیاری (20/9 گیگاژول در هکتار) و در گندم دیم مربوط به کود شیمیایی (5/7 گیگاژول در هکتار) بوده است. بررسی‌های تولید دیم و آبی گندم در خراسان شمالی نشان داد که انرژی ورودی به مزارع گندم آبی (به عنوان یک سامانه پرنهاده) 45376 مگاژول در هکتار بود که حدود 4/8 برابر انرژی ورودی به مزارع گندم دیم (به عنوان یک سامانه کم‌نهاده) می‌باشد (Ghorbani et al., 2011).

ارزیابی کل سوخت مصرفی در دو سامانه کشت گندم آبی و دیم در شهرستان ساوه نشان داد که مصرف سوخت به ترتیب برابر 598 و 74 لیتر در هکتار برای کشت گندم آبی و دیم است که از این میان بیشترین سهم سوخت مصرفی در سامانه کشت گندم آبی مربوط به عملیات آبیاری (78/4 درصد) و بیشترین سهم مصرف سوخت در کشت گندم دیم به عملیات خاکورزی (59 درصد) اختصاص یافت (Safa & Tabatabaei, 2002). در ارزیابی مزارع گندم آبی شهرستان ری مشخص شد که در بین نهاده‌های مصرفی بیشترین سهم از کل انرژی ورودی به ترتیب به کود شیمیایی نیتروژن (31/1 درصد)، سوخت گازوئیل (19/9 درصد) و ماشین‌آلات (12/1 درصد) اختصاص یافت (Alipour et al., 2013).

میزان انرژی ورودی برای تولید گندم در ترکیه توسط تیپی و همکاران (Tipi et al., 2009) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تولید گندم در مجموع 20653/54 مگاژول در هکتار انرژی مصرف می‌کند. سینگ و همکاران (Singh et al., 2007)نیز به منظور بیشینه کردن عملکرد تولید گندم، به مقایسه الگوهای مصرف انرژی در نقاط مختلف هند پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که سطح فن‌آوری، انرژی‌های ورودی و عوامل اقلیمی- زراعی جزء مهم‌ترین عوامل تولید گندم به شمار می‌روند. ضمن این‌که بیشترین میزان انرژی ورودی برای گندم 17/8 گیگاژول در هکتار و بالاترین نسبت انرژی برابر با 5/2 به دست آمد. در ارزیابی تناوب کاشت گندم-ذرت مشخص شد که میزان انرژی مورد نیاز برای روش‌های خاکورزی حداقل، بدون خاکورزی و کشت روی پشته به ترتیب 34/3، 31/1 و 46 درصد کمتر از خاکورزی مرسوم است و در روش خاکورزی حداقل، 2/5 برابر بیشتر از روش خاکورزی معمول انرژی ذخیره می‌شود (Sharma et al., 2011). در مطالعه‌ای بوناری و همکاران (Bonari et al., 1995) گزارش کردند که کاهش عملیات خاکورزی منجر به 55 درصد مصرف سوخت کمتر در مقایسه با خاکورزی متعارف، بدون تغییر قابل توجهی در عملکرد محصول شده است.

محصول گندم به عنوان یکی از اصلی‌ترین مواد غذایی از جایگاه ویژه‌ای در دنیا برخوردار است. در سال 2013 کل سطح برداشت شده گندم در جهان 218/4 میلیون هکتار، میانگین عملکرد دانه 3264 کیلوگرم در هکتار و کل گندم تولید شده برابر 713 میلیون تن بوده

است. در ایران نیز گندم مهم‌ترین گیاه زراعی به شمار می‌رود به طوری‌که هر ساله بیش از 50 درصد از کل زمین‌های قابل کشت به زراعت گندم اختصاص داده می‌شود (Rajabi et al., 2012). سطح زیر کشت گندم در کل کشور در سال زراعی 92-1391 حدود 6/4 میلیون هکتار گزارش شده که سهم اراضی آبی 37/5 درصد و اراضی دیم 62/5 درصد است. در استان چهارمحال و بختیاری نیز سطح وسیعی از مزارع به کشت گندم اختصاص دارد. به طوری‌که، در سال زراعی 92-1391 سطح زیر کشت گندم در این استان 72219 هکتار (40678 هکتار آن به صورت دیم و 31540 هکتار آن به صورت آبی) و متوسط عملکرد کشت دیم و آبی به ترتیب 740/13 و 2010/1 کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Agriculture Yearbook, 2015). از آن‌جا که تاکنون مطالعه‌ای در مورد مصرف انرژی در تولید گندم در این استان صورت نگرفته است، بنابراین هدف از این تحقیق بررسی جنبه‌های مختلف مصرف و کارایی انرژی، ارایه پیشنهادها و راهکارهایی جهت کاهش مصرف انرژی در مزارع گندم شهرستان شهرکرد می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مشخصات منطقه و نوع مدیریت زراعی: این تحقیق در شهرستان شهرکرد (عرض جغرافیایی بین 32 درجه و 20 دقیقه تا 32 درجه و 21 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی بین 50 درجه و 48 دقیقه تا 50 درجه و 50 دقیقه شرقی، با ارتفاع 2116 متر از سطح دریا و متوسط بارش سالانه 321/8 میلی‌متر) در سال 1392 اجرا گردید. طبق تقسیم‌بندی کوپن شهرکرد دارای اقلیم معتدل سرد با تابستان گرم و خشک می‌باشد. سطح زیرکشت کل اراضی این استان 139771 هکتار بوده که زیر کشت محصولات مختلفی مانند غلات، حبوبات، محصولات صنعتی، سبزیجات و غیره می‌باشد (Agriculture Yearbook, 2015). انجام عملیات زراعی از مرحله کاشت تا برداشت در مزارع از نیمه دوم مهر ماه آغاز و تا اواخر تیر ماه ادامه دارد. گاوآهن‌های مورد استفاده در اغلب مزارع آبی از نوع برگردان‌دار و در مزارع دیم از نوع قلمی بوده و به منظور خردکردن کلوخه‌ها و هموار کردن زمین جهت آماده‌سازی بستر بذر، بسته به نوع خاک زراعی و تمایل زارعین، تعداد به کارگیری دیسک‌ها بین یک تا دو نوبت متغیر است. خاکورزی اکثر مزارع شامل شخم با گاوآهن و سپس دیسک زدن می‌باشد. سطحی اندکی از مزارع (هکتار) هر ساله توسط روش‌های کم‌خاکورزی تهیه می‌گردد. بر اساس تنوع روش‌های تولیدی، امکانات موجود در سطح منطقه و نحوه مدیریت زارعین در امر تولید، از ماشین‌آلات و ادوات متنوع جهت انجام عملیات زراعی در این مزارع استفاده می‌شود. تراکتور مسی فرگوسن 285 و رومانی 650 از رایج‌ترین ماشین‌آلات منطقه شهرکرد می‌باشد. ارقام مورد استفاده در منطقه شهرکرد عمدتاً الوند و سرداری بوده که به ترتیب برای زراعت آبی و دیم به کار می‌روند. به طور متوسط با توجه به میزان آب قابل دسترس جهت آبیاری، بین چهار تا پنج نوبت در مزارع آبی، آبیاری توسط موتورهای پمپ گازوئیلی و برقی از منبع چاه صورت می‌گیرد. عملیات برداشت نیز در تمام مزارع توسط دستگاه کمباین جاندیر انجام شد. پس از برداشت، محصول گندم هر مزرعه به وسیله ماشین‌آلات مختلف نظیر کامیون، وانت بار و بارکش تراکتوری به سیلوها منتقل می‌گردد.

نحوه جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل داده‌ها: جمع‌آوری اطلاعات درباره نوع، تعداد و حجم فعالیت‌های متداول در زراعت گندم در شهرستان شهرکرد، از طریق مصاحبه حضوری با 40 کشاورز پیشرو گندمکار انجام شد. سطح زیرکشت گندم آبی شهرستان 3840 هکتار و گندم دیم 4960 هکتار در سال مورد تحقیق گزارش شده است. از کل اراضی آبی1850 هکتار آن تحت‌نظام کم‌خاکورزی است. همچنین 2270 هکتار از اراضی دیم نیز تحت‌نظام کم‌خاکورزی گزارش شده است. اراضی مورد مطالعه در این تحقیق، 219 هکتار شامل 78/5 هکتار اراضی آبی و 140/5 هکتار اراضی دیم در نظر گرفته شد. برای تأیید داده‌ها و اطلاعات از نظر کارشناسان کشاورزی ساکن در استان چهار محال بختیاری کمک گرفته شد. در این مصاحبه درباره تمامی اقدامات صورت گرفته طی مراحل آماده‌سازی مزرعه، کاشت، داشت و برداشت گندم اعم از نوع عملیات، ادوات مورد استفاده، تعداد دفعات، زمان و میزان سوخت مصرفی برای هر عملیات پرسش‌هایی از کشاورزان به عمل آمد و با توجه به معادل‌های انرژی (جدول 1)، میزان انرژی مصرفی برای هر نوع فعالیت و نهاده در سطح یک هکتار برآورد گردید. علاوه بر این، اطلاعات مربوط به میزان عملکرد دانه و کاه در هر مزرعه نیز جمع‌آوری شد. بدین منظور، میانگین کل تعداد ساعت کار نیروی انسانی، کل سوخت مصرفی موتور پمپ، کل سوخت مصرفی تراکتور، تعداد ساعت کار تراکتور، مقدار بذر مصرفی برای کاشت، حجم آب آبیاری، مقادیر کودهای نیتروژن، فسفر، پتاسیم، میزان علف کش و حشره‌کش‌ها

مصرفی برای یک هکتار محاسبه گردید.

محاسبه شاخص‌های انرژی: معمولاً انرژی مصرفی در کشاورزی به چهار گروه انرژی‌های مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر تقسیم‌بندی می‌شوند (Kazemi et al., 2015). در این مطالعه انرژی‌های غیرمستقیم شامل بذر، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و ماشین‌آلات در نظر گرفته شد. در حالی‌که انرژی مستقیم در برگیرنده نیروی انسانی، سوخت مصرفی ماشین‌آلات و آب آبیاری مورد استفاده در تولید گندم است. انرژی تجدیدناپذیر شامل سوخت، کود و سموم شیمیایی، ماشین‌آلات کشاورزی و انرژی‌های تجدیدپذیر شامل نیروی انسانی، بذر و آب آبیاری بود.

با برآورد کل انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌های ارزیابی انرژی از قبیل نسبت یا کارآیی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه، عملکرد انرژی خالص برای هر مزرعه با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Soltani et al., 2013; Kazemi et al., 2015)

کارایی انرژی

معادله (1) $$ER = EO/EI$$

که در آن، ER: نسبت یا کارآیی انرژی، عددی است بدون واحد، EO: مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

بهره‌وری انرژی

(2) $$EP = GY/EI$$

که در آن، EP: بهره‌وری انرژی (مگاژول بر کیلوگرم)، GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

انرژی ویژه

(3) $$SE = EI/GY$$

که در آن، SE: انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، EI: مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY: عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

عملکرد انرژی خالص

(3) $$NEY = EO - EI$$

که در آن، NEY: عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO: مجموع انرژی خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI: مجموع انرژی ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

داده‌های این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار نوع مدیریت (دیم بدون خاکورزی، دیم با خاکورزی، آبی بدون خاکورزی و آبی با خاکورزی) که در آن 10 مزرعه از هر مدیریت به عنوان تکرار در نظر گرفته شدند، با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9 تجزیه گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از لحاظ مجموع انرژی مصرفی جهت تولید گندم، کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب به مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (12860 مگاژول در هکتار) و مدیریت آبی همراه با خاکورزی (29589 مگاژول در هکتار) اختصاص یافت. این میزان در مدیریت آبی بدون خاکورزی حدود 23847 و در مدیریت کشت دیم همراه با خاکورزی برابر با 19259 مگاژول در هکتار بود. از لحاظ آماری میانگین‌های این شاخص در کلاس‌های متفاوتی قرار گرفتند. بیشترین مقدار انرژی مصرفی در مزارع کشت دیم بدون خاکورزی، به ترتیب به کود نیتروژن (54/1 درصد)، بذر (18/8 درصد) و سوخت (8/6 درصد) اختصاص یافت و کمترین آن مربوط به نیروی انسانی، آفت‌کش و کود پتاسیم به ترتیب به میزان 0/2، 0/4 و 0/4 درصد بود (جدول 2). همچنین بیشترین مقدار انرژی مصرفی در مدیریت آبی با خاکورزی را کود نیتروژن، آب آبیاری و بذر به ترتیب با 31/9، 28/1 و 17/4 درصد و کمترین آن را نهاده‌های حشره‌کش، علف‌کش و کود فسفر به ترتیب با 0/1، 0/5 و 0/5 درصد به خود اختصاص دادند (جدول 2). نتایج نشان داد که بیشترین انرژی مصرفی در تمامی مدیریت‌ها مربوط به مصرف کود نیتروژن است که این عمل علاوه بر کاهش کارایی انرژی مصرفی، می‌تواند باعث آلودگی منابع آبی و خاکی شود. به نظر می‌رسد با استفاده از انجام آزمون خصوصیات خاک و تعیین مقادیر مناسب کودهای مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و نیاز گیاه و با مصرف بهینه کودهای شیمیایی، علاوه بر حفظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و کاهش آلودگی‌های محیط می‌توان کارایی انرژی را با شرایط موجود افزایش داد. قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) در پژوهشی در مزارع استان خراسان شمالی، میزان انرژی ورودی به مزارع گندم آبی را 45376 مگاژول در هکتار محاسبه کردند که 4/8 برابر انرژی ورودی مزارع دیم آن منطقه بود. در پژوهش‌های دیگری نیز محققان

به این نتیجه رسیده‌اند که بیشترین انرژی مصرفی در تولید غلات مربوط به کود نیتروژن و ماشین‌آلات می‌باشد (Kazemi et al., 2015; Ghorbani et al., 2011; Alipour et al., 2013; Heydari Gholinejad & Hasanzadeh, 2003; Abdollahpour & Zarei, 2010).

کاهش مصرف کودهای نیتروژنی از طریق مدیریت مصرف بهینه کود، قرار دادن بقولات در تناوب زراعی، استفاده از کود سبز، استفاده از کود دامی و آلی امکان‌پذیر است. همچنین جهت کاهش انرژی ورودی ماشین‌آلات، استفاده از روش‌های خاکورزی حفاظتی مانند شخم کاهش‌یافته، شخم در بقایا و بدون خاکورزی پیشنهاد می‌گردد. استفاده از ماشین‌های چندکاره نیز می‌تواند به کاهش مصرف نهاده‌های ورودی به مزرعه کمک نماید.

حیدری قلی‌نژاد و حسن‌زاده (Heydari Gholinejad & Hasanzadeh, 2008) نشان دادند که میزان انرژی ورودی در واحد سطح در زراعت آبی گندم (1302/54 کیلوکالری در مترمربع) بیشتر از زراعت دیم (541/41 کیلوکالری در مترمربع) بود که این تفاوت به خاطر میزان انرژی ورودی بیشتر مربوط به کود نیتروژن، آب آبیاری و بذر در زراعت آبی نسبت به زراعت دیم می‌باشد. در مطالعه عبداله‌پور و زارعی (Abdollahpour & Zarei, 2013) کل انرژی ورودی و خروجی به گندم آبی شهرستان ری به ترتیب 47377/6 و 124990 مگاژول در هکتار بود. همچنین صفا و طباطبایی (Safa & Tabatabaei, 2002) گزارش کردند که بیشترین انرژی نهاده مصرفی در گندم آبی مربوط به آبیاری (20/9 گیگاژول در هکتار) و در گندم دیم مربوط به کود شیمیایی (5/7 گیگاژول در هکتار) بوده است.

خروجی انرژی در مزارع گندم در درجه اول دانه و سپس کاه و کلش می‌باشد. مقایسه متوسط عملکرد دانه در این چهار مدیریت نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی (3858/02 کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن مربوط به کشت دیم با خاکورزی (1320/81 کیلوگرم در هکتار) می‌باشد. در کشت آبی با خاکورزی، متوسط عملکرد 3257/21 کیلوگرم در هکتار و در کشت دیم بدون خاکورزی این مقدار 1388/91 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. این عدد در رابطه با انرژی خروجی در مزارع گندم مورد مطالعه، بیشترین انرژی خروجی مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی معادل 70743 مگاژول در هکتار بود که از این مقدار 56713 مگاژول در هکتار مربوط به دانه و 14029 مگاژول در هکتار مربوط به کاه و کلش بود (جدول 2). همچنین کمترین انرژی خروجی به مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی معادل 26550 مگاژول در هکتار تعلق داشت که از این مقدار 20417 مگاژول در هکتار مربوط به دانه و 6133 مگاژول در هکتار مربوط به کاه بود. بر اساس گزارش قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) کل انرژی خروجی مزارع گندم آبی استان خراسان شمالی 31672 مگاژول در هکتار بود، اما کارایی مصرف انرژی در مزارع دیم (3/38) از مزارع آبی (1/44) بیشتر بود. زیرا این محققان میزان انرژی ورودی به مزارع کم‌نهاده را 9354/2 و مزارع پرنهاده را 45367/6 مگاژول در هکتار گزارش کردند.

نتایج این تحقیق نشان داد در هر دو شرایط دیم و آبی بیشترین عملکرد مربوط به مدیریت کم‌خاکورزی بود. توجه به مدیریت نوین خاک از جمله اجرای روش‌های کم‌خاک‌ورزی، با هدف حفاظت از منابع خاک و آب ضروری است. عملیات خاک‌ورزی، با تغییر در روش آماده‌سازی و شرایط خاک، مستقیماً بر رطوبت خاک و عملکرد اثر می‌گذارد (Shamabadi, 2012). علت افزایش عملکرد در شرایط کم‌خاکورزی بر اساس نتایج مریل و همکاران (Merrill et al., 1996) می‌تواند به دلیل بیشتر بودن رطوبت موجود در خاک در این نوع مدیریت باشد. شم آبادی (Shamabadi, 2012) گزارش کرد که استفاده از نظام‌های کم‌خاکورزی و حفظ بقایا در سطح خاک بر عملکرد گندم اثر مثبت داشته و بهره‌وری انرژی در نظام کم‌خاکورزی بیشتر از روش‌های رایج بود.

شاخص‌های انرژی شامل کارایی مصرف انرژی، بهره‌وری انرژی و انرژی ویژه در مدیریت‌های مختلف نظام‌های تولید گندم در شهرستان شهرکرد در جدول 3 نشان داده شده است. بیشترین کارایی انرژی مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی به میزان 3/03 (دانه 2/43 و کاه 0/60) بود که بیانگر این نکته است که در ازای هر واحد انرژی مصرفی 3/03 واحد انرژی تولید می‌شود. کمترین کارایی انرژی مربوط به مدیریت دیم با خاکورزی به میزان 1/32 (دانه 1/03 و کاه 0/29) بود. هر چه مقدار کارایی انرژی در مزارع بیشتر شود، تولید در آن مزارع در راستای پایداری در کشاورزی بوده و هر چه این نسبت کوچک‌تر شود، تخریب محیط زیست و ناپایداری بوم‌شناختی در آینده نزدیک اتفاق خواهد افتاد. شاخص کارایی مصرف انرژی در مناطق مختلف و بر اساس روش‌های مختلف مدیریتی متغیر است.

جدول 1- معادل‌های انرژی ورودی و خروجی مورد استفاده در تولید گندم در شهرستان شهرکرد

Table 1- Equivalent of input and output energies for wheat production in Shahrekourd township

ورودی‌ها/خروجی‌ها Inputs/outputs	معادل انرژی (مگاژول بر هکتار) Energy equivalent (MJ.ha^{-1})	منبع Reference
ورودی‌ها Inputs		
بذر گندم (کیلوگرم) Wheat seed (kg)	15.7	(Tipi et al., 2009)
نیروی انسانی (ساعت) Labor (hr)	1.96	(Azkan et al., 2004)
ادوات و ماشین آلات* (کیلوگرم) Machinery (kg)	142.7	(Zahedi et al., 2014)
آب آبیاری (مترمکعب) Irrigation (m^3)	1.02	(Zahedi et al., 2014)
کودهای شیمیایی Chemical fertilizers		
نیتروژن (کیلوگرم) Nitrogen (kg)	60.6	(Rajaby et al., 2012; Akcaoz et al., 2009)
فسفر (کیلوگرم) Phosphate (kg)	11.1	(Rajaby et al., 2012; Akcaoz et al., 2009)
پتاسیم (کیلوگرم) Potash (kg)	6.7	(Rajaby et al., 2012; Akcaoz et al., 2009)
نوع سوخت Fuel type		
گازوئیل (لیتر) Diesel (L)	38	(Rajaby et al., 2012)
بنزین (لیتر) Gasoline (L)	37	(Rajaby et al., 2012)
الکتریسیته (کیلووات بر ساعت) Electricity (kWh)	12.1	(Kaltsas et al., 2007)
مواد شیمیایی Chemicals		
علف‌کش‌ها (کیلوگرم ماده مؤثره) Herbicides (active ingredient (kg))	287	(Tzilivakis et al., 2005)
قارچ‌کش‌ها (کیلوگرم ماده مؤثره) Fungicides (active ingredient (kg))	99	(Tzilivakis et al., 2005)
حشره‌کش‌ها (کیلوگرم ماده مؤثره) Insecticides (active ingredient (kg))	237	(Tzilivakis et al., 2005)
خروجی Output		
دانه گندم (کیلوگرم) Wheat grain (kg)	14.7	(Tipi et al., 2009; Singh et al., 2007)
کاه و کلش گندم (کیلوگرم) Straw (kg)	9.25	(Tabatabaei-Far et al., 2009)

* شامل ساخت، تعمیرات، نگهداری و حمل و نقل

* Including the construction, repair, maintenance and transportation

جدول ۲- میزان انرژی نهاده‌های ورودی و خروجی در مزارع گندم شهرستان شهرکرد در شرایط کشت آبی و دیم با دو نوع‌نظام بدون خاکورزی و همراه با خاکورزی

Table 2- Inputs and output energies in wheat fields of Shahrekourd township under irrigated and rainfed farming condition in tillage and no-tillage systems

ورودی‌ها/خروجی‌ها (مگاژول در هکتار) Inputs/outputs (MJ.ha^{-1})	میانگین Mean				درصد از کل Percent from total			
	دیم Rainfed		آبی Irrigated		دیم Rainfed		آبی Irrigated	
	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage
نیروی انسانی Labor	30[c]	104[b]	79b[c]	163[a]	0.2	0.5	0.3	0.6
ماشین آلات Machinery	464[c]	1465[a]	365[c]	976[b]	3.6	7.6	1.5	3.3
سوخت Fuel	1108[b]	2304[a]	929[b]	2558[a]	8.6	12.0	3.9	8.7
گازوییل Diesel	580[b]	1256[a]	570[b]	1449[a]	4.5	6.5	2.4	4.9
بنزین Gasoline	252[ab]	474[a]	130[b]	474[a]	2.0	2.5	0.6	1.6
نیتروژن Nitrogen	7220[b]	8529[ab]	1092[a]	9429[ab]	54.1	44.2	46.1	31.9
فسفر Phosphate	584[a]	475[ab]	461a[b]	143[b]	4.5	2.5	1.9	0.5
پتاسیم Potash	52[c]	95[bc]	611a	341a[b]	0.4	0.5	2.6	1.2
علف کش Herbicide	115[a]	127[a]	134[a]	136[a]	0.9	0.7	0.6	0.5
آفت کش Pesticide	45[a]	71[a]	0[a]	19[a]	0.4	0.4	0	0.1
الکتریسیته Electricity	0[b]	0[b]	841[a]	425[a]	0	0	3.5	1.4
بذر Seed	2412[c]	4367[ab]	3618[b]	5152[a]	18.8	22.7	15.2	17.4
آب آبیاری Irrigation	0[c]	0[c]	5117[b]	8323[a]	0	0	21.5	28.1
کل انرژی ورودی Total Input Energy	12860[d]	19259[c]	23847[b]	29589[a]	100	100	100	100
عملکرد دانه Grain yield	20417[b]	19416[b]	56713a	47881[a]	76.9	78.1	80.2	80.7
عملکرد کاه Straw yield	6133[b]	5449[b]	14029a	11439[a]	23.1	21.9	19.8	19.3
کل انرژی خروجی Total output energy	26550[b]	24865[b]	70743[a]	59320[a]	100	100	100	100

در هر ردیف و هر پارامتر حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD می‌باشد.

In each column and for each parameter, different superscript letters show significant difference of means at 5% level.

به طوری‌که این شاخص جهت تولید گندم آبی و دیم در استان آذربایجان غربی به ترتیب 1/48 (دانه 0/79 و کاه 0/68) و 1/26 (دانه 0/68 و کاه 0/58) (Heydari Gholinejad & Hasanzadeh, 2008)، گندم دیم در استان کرمانشاه 1/521 (دانه 0/818 و کاه 0/703) (Abdollahpour & Zarei, 2010)، گندم آبی در کرمانشاه 3/78 (usefi & Damghani, 2013)، گندم آبی در شهرستان ری 2/63 (Alipour et al., 2013)، گندم دیم و آبی در مزارع شهرستان ساوه به ترتیب 0/99 و 1/17 (Safa & Tabatabaee-Far, 2002)، گندم آبی در شهرستان اقلید 2/29 (Molaei & Afzali Neay, 2012)، در کشور ترکیه 2/8 (Canakci et al., 2005)، و در مناطق مختلف هند از 2/9 تا 5/2 (Singh, 2002) گزارش شده است. روش-های متعددی برای افزایش این شاخص وجود دارد به عنوان مثال حسن‌زاده و همکاران (Hasanzadeh et al., 2001) پیشنهاد دادند که با کاربرد مخلوط کودهای شیمیایی و آلی می‌توان مصرف انرژی را در واحد سطح کاهش داد و در نتیجه کارایی انرژی را بالا برد. در این تحقیق مشخص شد که بیشترین بهره‌وری انرژی مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی به میزان 0/23 کیلوگرم بر مگاژول (بر اساس دانه 0/17 کیلوگرم بر مگاژول و بر اساس کاه 0/07کیلوگرم بر مگاژول) بود که بیانگر این مطلب است که در ازای هر واحد انرژی مصرفی 0/23 واحد انرژی حاصل شد. کمترین بهره‌وری انرژی مربوط به مدیریت کشت دیم با خاکورزی به میزان 0/10کیلوگرم بر مگاژول (بر اساس دانه 0/07 کیلوگرم بر مگاژول و کاه بر اساس 0/03کیلوگرم بر مگاژول) بود (جدول 3). این شاخص برای گندم آبی در شهرستان ری 0/11 کیلوگرم بر مگاژول (Alipour et al., 2013)، گندم آبی خراسان شمالی 0/06 کیلوگرم بر مگاژول (Ghorbani et al., 2011)، گندم آبی گرگان 0/3 کیلوگرم بر مگاژول (Tajic Jalali et al., 2013) گندم در اقلید 0/18 کیلوگرم بر مگاژول (Molaei & Afzali Neay, 2012) گزارش شده است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که میزان بهره‌وری انرژی که در حقیقت نشان‌دهنده مقدار محصول تولید شده به ازای هر واحد انرژی ورودی است، در مزارع گندم ایران بسیار پایین می‌باشد، هر چند از این نظر وضعیت مزارع شهرکرد به مراتب بهتر از مناطقی مانند خراسان شمالی و شهر ری است. اصولاً هر اندازه اتکای بوم‌نظام به انرژی ورودی بیشتر باشد، مقدار این شاخص کاهش می‌یابد و فقط در صورت افزایش عملکرد در واحد سطح این شاخص افزایش خواهد یافت (Alipour et al., 2013). بنابراین، دلیل پایین بودن این شاخص در مزارع دیم با خاکورزی نسبت به مزارع دیم بدون خاکورزی، کاهش حجم ورودی نهاده‌ها می‌باشد. در نتیجه این امر می‌تواند به بهبود این شاخص کمک کند. از سویی دیگر، چون مزارع دیم نسبت به مزارع آبی نهاده‌های کمتری دریافت می‌کنند و به همان نسبت عملکرد پایین‌تری دارند، بنابراین داشتن شاخص بهره‌وری بالاتر در این مزارع نسبت به مزارع آبی دور انتظار است مگر این‌که با مدیرت به‌زراعی افزایش عملکرد در دیم‌زارها اتفاق افتد و یا این‌که حجم نهاده‌های ورودی آن‌ها کاهش یابد. از نظر شاخص انرژی ویژه، کمترین مقدار مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی به میزان 6/30 مگاژول در کیلوگرم و بیشترین مقدار مربوط به مدیریت کشت دیم با خاکورزی به میزان 15/67 مگاژول در کیلوگرم بود. بیشترین و کمترین انرژی خالص نیز به ترتیب مربوط به مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی (46896 مگاژول در هکتار) و مدیریت کشت دیم با خاکورزی (5607 مگاژول در هکتار) بود. این مقدار برای کشت آبی با خاکورزی حدود 29730 مگاژول در هکتار و برای کشت دیم بدون خاکورزی 13690 مگاژول در هکتار به دست آمد (جدول 3). اصولاً انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم)، از تقسیم مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) بر عملکرد (کیلوگرم در هکتار) به دست می‌آید و رابطه عکس با انرژی ویژه دارد. چون در زراعت دیم هم صورت کسر و هم مخرج کسر کوچک‌تر است، بنابراین میزان این شاخص در هر دو سامانه خاکورزی کشت دیم به مراتب کمتر از مدیریت‌های کشت آبی است. در این آزمایش، مدیریت‌های کشت دیم از نظر این شاخص در یک کلاس آماری قرار گرفتند (جدول 3). رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2012) متوسط انرژی ویژه در تولید گندم گرگان را چهار گیگاژول بر تن و تاجیک جلالی (Tajic Jalali et al., 2013) مقدار انرژی ویژه را بر اساس روش کاشت با کمبینات، خطی‌کار و سانتریفوژ به ترتیب 3/16، 3/91 و 6/00 گیگاژول بر تن محاسبه کردند.

جدول ۳- شاخص‌های مختلف انرژی گندم در شرایط کشت آبی و دیم با دو نظام بدون خاکورزی و با خاکورزی در مزارع شهرستان شهرکرد

Table 3- Different energy indices in irrigated and rainfed farming condition under tillage and no tillage systems in fields of Sharekord township

شاخص/ مدیریت Index/ scenario	دانه Grain				کاه Straw				بیولوژیک (کل) Biologic (total)			
	دیم Rainfed		آبی Irrigated		دیم Rainfed		آبی Irrigated		دیم Rainfed		آبی Irrigated	
	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage
کارایی انرژی Energy efficiency	2.43[a]	1.61[bc]	2.43[a]	1.61[bc]	0.58[a]	0.29[b]	0.60[a]	0.39[ab]	1.90[ab]	1.03[c]	2.43[a]	1.61 [bc]
بهره‌وری انرژی (مگاژول بر کیلوگرم) Energy productivity ($MJ.kg^{-1}$)	0.17a	0.11[b]	0.17a	0.11[b]	0.06[a]	0.03[b]	0.07[a]	0.04[ab]	0.13[b]	0.07[c]	0.17[a]	0.11[b]
انرژی ویژه (مگاژول بر کیلوگرم) Specific energy ($MJ.kg^{-1}$)	6.30[b]	9.55[b]	6.30[b]	9.55[b]	22.75[ab]	34.69[a]	17.20[b]	29.76[a]	9.80[b]	15.67[a]	6.30[b]	9.55[b]
انرژی خالص (مگاژول در هکتار) Net energy ($MJ.ha^{-1}$)	-	-	-	-	-	-	-	-	13690[c]	5607[c]	46896[a]	29730[b]

در هر ردیف و هر پارامتر مورد بررسی، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD بین میانگین‌ها است.

In each column and for each parameter, different superscript letters show significant difference of means at 5% level.

جدول 4- نتایج ارزیابی مجموع انرژی مصرفی به صورت مستقیم، غیرمستقیم، قابل تجدید و غیر قابل تجدید در شرایط آبی و دیم با سیستم بدون خاکورزی و با خاکورزی در مزارع گندم شهرستان شهرکرد

Table 4- Evaluation results of total energy as direct, indirect, renewable and non-renewable forms in irrigated and rainfed farming under tillage and no tillage systems in fields of Shahrekourd township

انرژی (مگاژول در هکتار) Energy (MJ.ha^{-1})	میانگین Average				درصد از کل Percent from total			
	دیم Rainfed		آبی Irrigated		دیم Rainfed		آبی Irrigated	
	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage	بدون خاکورزی No-tillage	خاکورزی Tillage
انرژی مستقیم Direct energy	1138[d]	2408[c]	1138[d]	2408[c]	9	14	26	40
انرژی غیرمستقیم Indirect energy	10891[b]	15121[a]	10891[b]	15121[a]	91	86	74	60
انرژی غیر تجدیدپذیر Non-renewable energy	9587[b]	13057[a]	9587[b]	13057[a]	80	74	62	51
انرژی تجدیدپذیر Renewable energy	2442[d]	4471[c]	2442[d]	4471[c]	20	26	38	49

در هر ردیف و هر پارامتر، حروف مشابه نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD بین میانگین‌ها است.

In each column and for each parameter, different superscript letters show significant difference of means at 5% level.

توزیع انرژی به صورت مستقیم، غیرمستقیم، تجدیدپذیر و غیرتجدیدپذیر قابل تقسیم‌بندی است. مقادیر این شاخص‌ها در جدول 4 نشان داده شده است. در تمامی مدیریت‌ها نسبت انرژی غیرمستقیم بیشتر از انرژی مستقیم بود به طوری‌که بیشترین و کمترین انرژی غیرمستقیم به ترتیب در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (91 درصد) و مدیریت کشت آبی با خاکورزی (60 درصد) به دست آمد. بین میانگین‌های این شاخص بر اساس آزمون LSD اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول 4). این میزان برای مدیریت کشت دیم با خاکورزی 86 درصد و برای مدیریت کشت آبی بدون خاکورزی، 74 درصد محاسبه شد. با توجه به حجم ورودی‌های مستقیم مدیریت آبی با خاکورزی (40 درصد)، در مجموع سهم نهاده‌های غیرمستقیم به این نوع مزارع کمتر بوده و بیشتر از نهاده‌های مستقیم مانند سوخت، آب آبیاری و نیروی انسانی استفاده شده است. علی‌پور و همکاران (Alipour et al., 2013) بیان داشتند که از کل انرژی ورودی به گندم آبی شهرستان ری، 62/1 درصد انرژی غیرمستقیم و 72/2 درصد مربوط به منابع تجدیدناپذیر انرژی بودند. همچنین قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2011) سهم انرژی غیرمستقیم در تولید گندم آبی52/4 درصد و سهم انرژی مستقیم را 47/6 درصد از انرژی کل ورودی محاسبه کردند. در این تحقیق، در بین نهاده‌های ورودی که انرژی مربوط به آن‌ها غیرمستقیم محسوب می‌شود، کود نیتروژن بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. این سهم در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی با بالاترین میزان یعنی به 54/1 درصد رسید (جدول 2). این یافته‌ها با نتایج علیپور و همکاران (Alipour et al., 2013) و میرینی و همکاران (Mirini et al., 2001) مبنی بر این‌که بیشترین میزان انرژی غیرمستقیم ورودی به انواع بوم‌نظام‌های زراعی، متعلق به کود نیتروژن است، مطابقت داشت.

نتایج نشان داد در تمامی مدیریت‌ها نسبت انرژی غیرتجدیدپذیر بیشتر از انرژی قابل تجدید بوده به طوری‌که بیشترین و کمترین انرژی غیرتجدیدپذیر به ترتیب در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (80 درصد) و مدیریت کشت آبی با خاکورزی (51 درصد) محاسبه شد. میانگین‌های این شاخص در کلاس‌های متفاوت آماری گروه‌بندی شدند (جدول 4). از نظر فرم انرژی قابل تجدید، سهم آن در مزارع کشت آبی در هر دو روش خاکورزی بیشتر از کشت دیم بود، ولی از نظر انرژی غیر قابل تجدید نتیجه عکس به دست آمد.

بیشترین انرژی تجدیدپذیر در مدیریت کشت آبی با خاکورزی (49 درصد) وکمترین در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (20 درصد) مشاهده شد (جدول 4). این امر بیانگر وابستگی مزارع گندم در این منطقه به منابع تجدیدناپذیر انرژی است. استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر به جای منابع تجدیدناپذیر یک نکته کلیدی در پایداری نظام‌های تولید می‌باشد (Kazemi et al., 2015). بالابودن سهم انرژی تجدیدپذیر در کشت آبی را می‌توان به سهم پر رنگ نهاده آب آبیاری مرتبط دانست که در این تقسیم‌بندی جز انرژی‌های قابل تجدید قرار گرفت. کود نیتروژن از مهم‌ترین نهاده‌های انرژی خواه در تولید محصولات زراعی است و در تولید آن از مقادیر بسیار زیادی انرژی به ویژه سوخت فسیلی استفاده می‌شود (14700 کیلوکالری در ازای تولید هر کیلوگرم نیتروژن). بنابراین، یکی از مهم‌ترین گام‌ها در جهت کاهش مصرف منابع تجدیدناپذیر انرژی در تولید محصولات زراعی، کاهش مصرف کود شیمیایی از جمله نیتروژن از طریق روش-های همچون مدیریت مصرف بهینه کود، مدیریت آبیاری، قرار دادن بقولات در تناوب زراعی، استفاده از کود سبز، استفاده از کود دامی و آلی و غیره می‌باشد (Alipour et al., 2013). همچنین با اعمال مدیریت صحیح انرژی می‌توان کارایی تثبیت انرژی را بالا برد. این موضوع می‌تواند از طریق بهبود شرایط محیطی، عملیات صحیح زراعی و تأمین بهینه نهاده‌ها صورت پذیرد. برای کاهش مصرف انرژی‌های غیر قابل تجدیدپذیر، تلفیق استفاده از تجهیزات کارآمدتر و به کارگیری فناوری‌های مدرن با کارایی بالاتر و استفاده از منابع انرژی جایگزین و یا تجدید شونده به منظور کاهش وابستگی به انرژی سوخت‌های فسیلی نیز پیشنهاد می‌گردد. توصیه می‌شود با بهبود روش‌های تهیه زمین از جمله استفاده از روش‌های کم خاکورزی، اصلاح روش‌های آبیاری، استفاده از پمپ‌های برقی با کارایی بالا، نگهداری و کاربرد صحیح ماشین‌آلات و افزایش بهره‌وری انتقال آب در مزارع، کارایی مصرف انرژی را در منطقه مورد مطالعه افزایش داد. در هر حال کاهش مصرف انرژی به خصوص در عملیات‌های انرژی‌بر، حتی در صورت ثابت بودن تولید محصول، باعث افزایش نسبت انرژی می‌شود. به عنوان مثال تغیر در روش‌های فعلی آبیاری که اغلب به صورت غرقابی و کم بازده است، باعث کاهش مصرف سوخت، مصرف آب و نیروی کارگری می‌گردد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از لحاظ مجموع انرژی مصرفی جهت تولید گندم، کمترین و بیشترین مقدار به ترتیب به مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (12860 مگاژول در هکتار) و مدیریت آبی همراه با خاکورزی (29589 مگاژول در هکتار) اختصاص یافت. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی مصرفی در تمامی مدیریت‌ها مربوط به مصرف کود نیتروژن است که این نهاده علاوه بر کاهش کارایی انرژی مصرفی می‌تواند باعث آلودگی منابع آبی و خاکی نیز شود. به نظر می‌رسد با استفاده از انجام آزمون خاک و با مصرف بهینه کود علاوه بر حفظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و کاهش آلودگی‌های محیطی، می‌توان کارایی انرژی را با شرایط موجود افزایش داد.

در تمامی مدیریت‌ها نسبت انرژی غیرمستقیم بیشتر از انرژی مستقیم بود، به طوری‌که بیشترین و کمترین انرژی غیرمستقیم به ترتیب در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (91 درصد) و مدیریت کشت آبی با خاکورزی (60 درصد) به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین نهاده‌های ورودی که انرژی مربوط به آن‌ها غیرمستقیم محسوب می‌شود، کود نیتروژن بیشترین سهم را به خود اختصاص می‌دهد. این سهم در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی با بالاترین میزان یعنی به 54/1 درصد رسید. در تمامی مدیریت‌ها نسبت انرژی غیرتجدیدپذیر بیشتر از انرژی قابل تجدید بوده به طوری‌که بیشترین و کمترین انرژی غیرتجدیدپذیر به ترتیب در مدیریت کشت دیم بدون خاکورزی (80 درصد) و مدیریت کشت آبی با خاکورزی (51 درصد) بود.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که بهترین سامانه کشت مربوط به کشت آبی بدون خاکورزی است. کارایی مصرف انرژی (2/43) در این مدیریت بالاتر از سه مدیریت دیگر محاسبه شد. به نظر می‌رسد عملیات خاکورزی سهم قابل توجهی را در مقدار انرژی ورودی در یک سامانه تولید محصولات زراعی دارا است. کاهش عملیات تهیه بستر سبب باقی ماندن بقایای گیاهی در سطح خاک می‌گردد که تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر ساختمان و خصوصیات فیزیکی خاک دارد. همچنین کاهش عملیات خاکورزی به نحوی که اهداف خاکورزی را تأمین نماید، ضمن ایجاد شرایط کشاورزی پایدار از طریق جلوگیری از فرسایش خاک به دلیل کاهش تردد ماشین‌آلات و فشردگی خاک، حفظ محیط زیست با صرفه‌جویی در زمان و انرژی،

حفظ خواص فیزیکی و افزایش مواد آلی خاک کمک مؤثری به افزایش درآمد کشاورزان خواهد نمود.

در این آزمایش انتخاب روش بدون خاکورزی به عنوان مدیریت برتر، می‌تواند گویای این نکته باشد که توسعه روش‌های کم خاکورزی در منطقه مورد مطالعه می‌تواند به افزایش کارایی مصرف انرژی در مزارع گندم شهرکرد منجر شود. با توجه به بهره‌وری پایین مصرف انرژی می‌توان کشاورزان را به سمت استفاده از روش‌های حفاظتی با خاکورزی کمتر سوق داد. در این آزمایش از بین دو روش کشت آبی و دیم، روش آبی از نظر برخی از شاخص‌ها برتر بود. بنابراین در مدیریت‌های مزارع آبی می‌توان با اجرای مدیریت زراعی درست از جمله تعیین بهترین تاریخ کاشت به منظور هم‌زمانی بیشتر نیاز آبی گیاه زراعی با بارندگی‌های منطقه به منظور کاهش تعداد دفعات آبیاری، رعایت تناوب زراعی به منظور تأمین حاصلخیزی خاک و کنترل شیوع آفات و بیماری‌ها و علف‌های هرز به منظور کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی، استفاده از ماشین‌آلات چندکاره به منظور صرفه‌جویی در سوخت و استهلاک کمتر ماشین‌آلات، استفاده از کودهای آلی و همچنین استفاده از سامانه‌های آبیاری کارآمد، در کاهش وابستگی این سامانه‌های تولید به انرژی‌های تجدیدناپذیر مؤثر واقع شد و از اثرات سوء مصرف بیش از حد منابع انرژی از جمله سوخت‌های فسیلی و سایر نهاده‌های شیمیایی بر محیط زیست جلوگیری به عمل آورد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از کشاورزان و کارشناسان بخش‌های تولیدات گیاهی و مکانیزاسیون سازمان جهاد کشاورزی استان چهار محال و بختیاری جهت همکاری در این مطالعه و نیز دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdollahpour, S., and Zarei, S. 2010. Evaluation of energy balance in rainfed wheat fields of Kermanshah province. Journal of Sustainable Agriculture Knowledge 2: 97-106. (In Persian with English Summary)

Agriculture Yearbook. 2015. Agriculture Yearbook of Field Crops. Vol.1. Jihad Agriculture Ministry, Information Office 156 pp.

Alipour, A., Keshavarz Afshar, R., Ghaleh Golab Behbahani, A., Karimi Nejad, A., and Mohammadi, V. 2013. Investigation of energy flow in irrigated wheat ecosystems: A case study: Rey township. Journal of Sustainable Agriculture Knowledge 23: 69-106. (In Persian with English Summary)

Akcaoz, H., Ozcatalbas, O., and Kizilay, H. 2009. Analysis of energy use for pomegranate production in Turkey. Journal Food, Agriculture and Environment 7: 475-480.

Bonari, E., Mazzoncini, M., and Peruzzi, A. 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. Soil and Tillage Research 33: 91-108.

Broumand, A., Aghkhani, M., and Sadrnia, H. 2015. A Comparison of utilization systems in terms of energy consumption of soybean production in Moghan region. Journal of Agroecology 6: 905-915. (In Persian with English summary)

Canakci, M., Topakci, M., Akinci, I., and Ozmerzi, A. 2005. Energy use pattern of some field crops andvegetable production: Case study for Antalya region, Turkey. Energy Conversion and Management 46: 655-666.

Dahiphale, V.V., and PawarK, R. 1992. Studies on energy requirement of Rabi sunflower crop production. Journal of Maharashtra Agriculture University 17: 443-445.

Ghorbani, R., Mondani, F., Amirmoradi, S., Feizi, H., Khorramdel, S., Teimouri, M., Sanjani S, Anvarkhah, S., and Aghel, H. 2011. A case study of energy use and economical analysis of irrigated and dryland wheat production systems. Applied Energy 88: 283-288.

Hasanzadeh Ghoorttappeh, A., Ghalavand, A., Ahmadi, M., and Mirnia, S. 2001. Investigation of different nutrition systems on energy efficiency of sunflower cultivars. Journal of Agriculture and Natural Resources 8: 67-78. (In Persian with English Summary)

Heydari Gholinejhad, A., and Hasanzadeh Ghoorttappeh, A. 2003. Study of inputs efficiency in irrigated and dryland wheat cropping of West Azarbayjan province. Research in Crop Sciences 1: 1-12. (In Persian with English

Summary)

Kaltsas, A.M., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nanos, G.D., and Kalburtji, K.L. 2007. Energy budget in organic and conventional olive groves. Agriculture, Ecosystem and Environment 122: 243-251.

Kazemi, H., Kamkar, B., Lakzaei, S., Badsar, M., and Shahbyki, M. 2015. Energy flow analysis for rice production in different geographical regions of Iran. Energy 84: 390-396.

Merrill, S.D., Black, A.L., and Bauer, A. 1996. Conservation tillage affects root growth of dryland spring wheat under drought. Soil Science Society of America 60: 575-583.

Molaei, K., and Afzali Niya, S. 2012. Determination of energy indices in wheat and colza production in cropping and industrial plain of Namdan Eghlid. Ecophysiology Journal 4: 26-36. (In Persian with English Summary)

Mrini, M., Senhaji, F., and Pimentel, D. 2001. Energy analysis of sugarcane production in Morocco. Environment, Development and Sustainability 3: 109-126.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.

Rajaby, M.H., Soltani, A., Zeinali, E., and Soltani, E. 2012. Evaluation of energy use in wheat production in Gorgan. Journal of Plant Production Research 19(3): 143-171. (In Persian with English Summary)

Safa, M., and Tabatabaee-Far, A. 2002. Energy consumption in wheat production in irrigated and dryland farming. In Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference 28-30 Nov., Wuxi, China. p. 183.

Safa, M., and Tabatabaee-Far, A. 2008. Fuel consumption in wheat production in irrigated and dryland farming. World Journal of Agricultural Sciences 1: 86-90.

Shamabadi, Z. 2013. Investigation of minimum tillage methods on energy use efficiency and yield of dryland wheat. Journal of Soil and Water Resources Conservation 3: 69-77. (In Persian with English Summary)

Singh, J.M. 2002. On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. Master of Science. International Institute of Management University of Flensburg, Germany.

Singh, H., Singh, A.K., Kushwaha, H.L., and Singh, A. 2007. Energy consumption pattern of wheat production in India. Energy 32: 1848-1854.

Tajic Jalali, A., Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., and Ajam Noroozi, H. 1393. Energy use in wheat production in Kordkoy region as influenced by seed-bed preparation and sowing methods. Plant Production Research Journal 20: 71-90. (In Persian with English Summary)

Tipi, T., Cetin, B., and Vardar, A. 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 352-356.

Tzilivakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emission in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) production in the UK. Agriculture System 85: 101-119.

Usefi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2013. Investigation of water use efficiency and energy in irrigated systems in Kermanshah province. Journal of Agroecology 5:113-121. (In Persian with English Summary)

Usefi, M., and Mahdavi Damghani, A. 2013. Investigation of water use efficiency and energy in irrigated systems in Kermanshah province. Journal of Agroecology 5: 113-121 (In Persian with English Summary)

Zahedi, M., and Eshghizadeh, H.R. 2014. Energy use efficiency and economical analysis in cotton production system in an arid region: A case study for Isfahan province, Iran. International Journal of Energy Economics and Policy 4(1): 43-52.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 281-295

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 295-281

Assessing Energy Flow in Rainfed and Irrigated Wheat Fields of Shahrekourd Township under two Tillage Systems

H. Kazemi[1*], P. Alizadeh[2] and A. Nehbandani[2]
Submitted: 08-07-2015
Accepted: 08-11-2015

Kazemi, H., Alizadeh, P., and Nehbandani, A. 2016. Assessing Energy Flow in Rainfed and Irrigated Wheat Fields of Shahrekourd Township under two Tillage Systems. Journal of Agroecology 8(2): 281-295.

Introduction

Energy analysis of agricultural ecosystem is essential for sustainable production. The relation between agriculture and energy is very close. Agriculture is an energy consumer and the energy supplier. Agriculture's use of energy is recognized in three external inputs: labor, machines, and fertilizers (Connor et al., 2011). Significant gains in energy efficiency were arisen in agriculture following the phenomenal increase in energy prices in the 1970s. Greater use of diesel motors, larger tractors, using conservation tillage methods and optimized fertilizer use efficiency were the main causes (Ozkan et al., 2004). Safa & Samarasinghe (2013) were reported that fuel consumption in tillage and harvesting was more than other operations in wheat fields of Canterbury, New Zealand. Effective application of agricultural techniques and efficient use of support inputs can minimize environmental problems and in consequence promote sustainable agricultural intensification. In this study, the energy flow investigated in irrigated and rain-fed wheat cropping systems under two tillage and no-tillage methods in the Shahrekourd city, during 2013.

Materials and methods

The study was carried out in the Sharekourd city (Chaharmahal Bakhteyari province). This region is located within 32º 20' and 32º 21' Lat. N, 50º 48' and 50º 50' Lon. E. Data were collected from 40 farmers with questionnaire method. In this study, a randomized complete design with four scenarios (rain-fed and irrigated farming with tillage and no-tillage systems) was used, that 10 farms were considered as a replication in each scenario. All data detail information on the questionnaire were averaged and arranged. First, all inputs and outputs of wheat production were determined, quantified and entered into Microsoft Excel spreadsheets, and then transformed into energy units and expressed in $MJ.ha^{-1}$. Based on the total energy equivalents of the inputs and output and the energy use efficiency (energy ratio), net energy, energy productivity and specific energy were calculated. The input energy was divided into direct, indirect, renewable and non-renewable forms. Indirect energy included energy embodied in seed, fertilizers, chemicals, machinery; while direct energy covered human labor, water for irrigation, electricity and diesel fuel were used in the wheat production. The LSD test ($P \leq 0.05$) was used to compare means between all scenarios.

Results and discussion

The results of data analysis indicated that maximum input energy was about 29,586 $MJ.ha^{-1}$ in the irrigated fields under tillage and maximum output energy was about 70,743 $MJ.ha^{-1}$ in the irrigated fields under no-till. In this study, the highest and lowest energy efficiency were obtained in irrigated system under no-tillage (2.43 in seed) and rain-fed system under tillage (1.03 in seed), respectively. The greatest contribution from total energy belonged to energy of nitrogen fertilizer (9,429 $MJ.ha^{-1}$ in no-tillage and 1,092 $MJ.ha^{-1}$ in tillage systems) and irrigation (8,323 $MJ.ha^{-1}$ in no-tillage and 5,117 $MJ.ha^{-1}$ in tillage systems) in irrigated cropping system and nitrogen fertilizer (8,529 $MJ.ha^{-1}$ in no-tillage and 7,220 $MJ.ha^{-1}$ in tillage systems) and seed (4,367 $MJ.ha^{-1}$ in no-tillage and 2,412 $MJ.ha^{-1}$ in tillage systems) in rain-fedfarming system. Therefore, it is necessary to focus more on nitrogen fertilizer consumption than the other factors to effectively reduce energy consumption in wheat cropping. In addition, the no-tillage system had high indirect and non-renewable energy forms in both wheat

1 and 2- Assistant Professor and PhD Student of Agronomy Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: hossein_k_p@yahoo.com)

cropping systems. The high ratio of non-renewable energy in the total used energy inputs cause negative effects on the sustainability in agroecosystems.

Conclusion

Generally, irrigated cropping system under no-tillage method was the best condition for wheat production in Shahrekourdcity. The results revealed that there was a huge potential toimproveenergy efficiency of wheat production in this region. Furthermore, toreducenon-renewable energy use in the studied region, we recommended the use of chemical fertilizer specially nitrogen reduce by appropriate management of fertilizer, use of legume in crop rotation, use of green manure, organic fertilizer and manure.

Acknowledgements

We are grateful to Agriculture Service Centers of Shahrekourd and Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR).

Keywords: Energy efficiency, Direct and indirect energy, Renewable and non-renewable energy

References

Connor, D.J., Loomis Roberst, S., and Cassman Kenneth, G. 2011. Crop ecology: Productivity and management in agricultural systems. 2th Eds. Cambridge University Press.

Ozkan, B., Akcaoz, H., and Fert, C. 2004. Energy input–output analysis in Turkish agriculture. Renewable Energy 29: 39-51.

Safa, M., and Samarasinghe, S. 2013. Modelling fuel consumption in wheat production using artificial neural networks. Energy 49: 337-343.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 296-317

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 317-296

اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد

راحله احمدزاده قویدل[1]، قربانعلی اسدی[2*]، محمد تقی ناصری پور یزدی[3]، رضا قربانی[4] و سرور خرم دل[3]

تاریخ دریافت: 1394/08/19
تاریخ پذیرش: 1394/11/06

احمدزاده قویدل، ر.، اسدی، ق.ع.، ناصری پور یزدی، م.ت.، قربانی، ر.، و خرم دل، س. 1395. اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 317-296.

چکیده

به منظور ارزیابی روند تغییرات شاخص‌های فیزیولوژیک رشدی ارقام لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تأثیر تراکم‌های مختلف بوته و مقادیر کود دامی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 36 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 94-1393 انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه شامل چهار رقم لوبیای قرمز (اختر، لاین D-81083، ناز و گلی)، سه تراکم بوته (13/13، 20 و 40 بوته در مترمربع) و سه سطح کود گاوی کاملاً پوسیده (صفر، 15 و 30 تن در هکتار) بود. شاخص‌های رشدی مورد بررسی شامل شاخص سطح برگ، میزان تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی ارقام لوبیا قرمز در سطوح مختلف تراکم و کود دامی بود. نتایج نشان داد که بیشترین تجمع ماده خشک با 315/4 گرم در مترمربع برای رقم گلی و کمترین مقدار آن با 214/5 گرم در مترمربع در رقم اختر مشاهده شد. بالاترین شاخص سطح برگ (2/59) با مصرف 30 تن در هکتار کود دامی در رقم گلی به دست آمد. در هر چهار رقم حداکثر سرعت رشد محصول در 42 روز پس از سبز شدن و در تراکم 40 بوته در مترمربع حاصل شد و با کاهش تراکم به 13/13 بوته در مترمربع سرعت رشد محصول 18 درصد کاهش یافت. همچنین در تراکم 40 بوته در مترمربع بالاترین سرعت رشد نسبی نیز مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، شاخص فیزیولوژیک رشد، کود گاوی

مقدمه

لوبیای قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهمترین حبوبات می‌باشد که به دلیل تأمین بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز انسان، سهم عمده‌ای در رژیم غذایی دارد. مقدار پروتئین حبوبات حدود دو تا چهار برابر غلات و 10 تا 20 برابر گیاهان غده‌ای است. طبق آمار موجود، سطح زیر کشت حبوبات در ایران در سال زراعی 92-1391، حدود 770 هزار هکتار بود که معادل 6/3 درصد از آن به حبوبات اختصاص یافته است و از این مقدار سهم لوبیا 14/9 درصد است. میزان تولید حبوبات نیز در این سال حدود 505 هزار تن برآورد شده است که 37/6 درصد آن مربوط به لوبیا می‌باشد (FAO, 2013). در گیاهانی مانند لوبیای قرمز که دارای انواع تیپ رشدی شامل ارقام ایستاده، نیمه‌ایستاده و یا خوابیده و نیز رشد محدود و نامحدود می‌باشند، تراکم کاشت بیش از پیش حائز اهمیت می‌باشد، زیرا بسته به رقم، تراکم کاشت جهت ایجاد یک ساختار تاج پوشش گیاهی مطلوب می‌تواند متفاوت باشد (Torabi et al., 2005).

تراکم بوته یکی از عوامل مهم در تعیین عملکرد گیاهان محسوب می‌شود، تراکم کاشت نه تنها تعیین‌کننده رقابت جهت دستیابی به نور و عناصر غذایی است، بلکه تقسیم و تخصیص ماده خشک بین اندام‌های گیاهی را نیز کنترل می‌کند (Anis et al., 2001). به بیان

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی، دانشیار، استادیار و استاد، گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: asadi@um.ac.ir)

دیگر، تراکم مطلوب کاشت در گیاهان زراعی، تراکمی است که در آن عوامل محیطی با کارایی بالایی مورد استفاده قرار گیرند و در عین حال، رقابت درون‌گونه‌ای و بین‌گونه‌ای در حداقل مقدار باشند (Koocheki et al., 2009). نتایج مطالعات تأییدکننده تأثیر به سزای تراکم بر رشد و میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به گونه‌ها و اندام‌های مختلف می‌باشد. در این راستا، لطیفی و نداف‌پور (Latifi & Naddaf Por, 2008) با بررسی شاخص‌های رشد لوبیا گزارش نمودند که در تراکم 30 بوته در مترمربع بالاترین سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی حاصل شد. مدنی و همکاران (Madani et al., 2008) در بررسی فواصل روی ردیف کاشت بر ارقام لوبیا گزارش نمودند که در فاصله 15 سانتی‌متر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در مقایسه با فواصل کمتر برتری داشت، اما طول غلاف و عملکرد دانه صرفاً تحت تأثیر رقم قرار گرفت. نتایج مطالعه فرجی و همکاران (Faraji et al., 2010) نشان داد که با افزایش تراکم لوبیا عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد غلاف در واحد سطح افزایش یافت. پرویزی و همکاران (Parvizi et al., 2011) در بررسی تراکم بر ارقام لوبیا نشان دادند که با افزایش تراکم، صفات روز تا رسیدگی، تعداد غلاف در بوته، وزن 100 دانه و درصد پروتئین کاهش یافت، هر چند به دلیل افزایش تعداد غلاف در واحد سطح عملکرد دانه افزایش یافت. در مطالعه دیگری با بررسی فواصل کاشت و تراکم بوته بر عملکرد لاین‌های امید بخش لوبیا اعلام شد که اثر فاصله کاشت بر ارتفاع، تعداد شاخه فرعی، تعداد دانه در غلاف و وزن 100 دانه معنی‌دار نگردید، ولی با کاهش فاصله کاشت، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت (Soltani et al., 2005). مونیت و همکاران (Moeinit et al., 2009) طی بررسی فواصل کاشت بر ارقام لوبیا گزارش کردند که در ارقام رشد ایستاده و نیمه‌ایستاده، بهترین فاصله بوته 20 سانتی‌متر بوده و عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با تعداد غلاف در بوته و ارتفاع داشت. نتایج حاصل از پژوهش ترابی جعفررودی و همکاران (Torabi Jafroudi et al., 2004) روی دو رقم لوبیا نشان داد که با کاهش فاصله بین ردیف از 60 به 30 سانتی‌متر یا افزایش تراکم بر میزان سرعت رشد محصول افزوده شده و بالاترین عملکرد دانه در فاصله بین ردیف 30 سانتی‌متر حاصل شد. در تحقیقی بر آرایش‌های مختلف کاشت در زراعت لوبیا گزارش شد که می‌توان با کاهش فواصل بین ردیف میزان عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش داد (Powelson et al., 1999). این محققان دلیل اصلی کاهش عملکرد لوبیا در تراکم های بسیار زیاد بوته را به کمبود نور در جامعه گیاهی مربوط دانستند. بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2012) نیز گزارش کرده‌اند که افزایش تراکم بوته لوبیا از 11 به 33 بوته در مترمربع، باعث افزایش شاخص سطح برگ به میزان 16 درصد گردید. لیچ (Leach, 2009) طی دو سال آزمایش بر نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) در شرایط دیم دریافت که سرعت رشد نسبی با افزایش تراکم از 14 تا 56 بوته در مترمربع به طور معنی‌داری افزایش یافت و اعلام نمودند که تراکم حداقل 40 بوته در مترمربع برای به دست آوردن حداکثر سرعت رشد نسبی لوبیا قرمز لازم است.

از طرفی، با توجه به آن‌که این گیاه گسترده‌ترین سطح زیرکشت و بالاترین ارزش اقتصادی را بین حبوبات به خود اختصاص داده است، اعمال مدیریت زراعی بهینه به منظور بهره‌گیری هر چه بیشتر از پتانسیل عملکرد آن امری بسیار ضروری است (Golchin et al., 2008). یکی از این راهکارهای مدیریتی میزان مصرف کود می‌باشد که باید به گونه‌ای تغییر کند که عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در طول مدت طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد.

امروزه در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای آلی از اهمیت ویژه‌ای در فراهمی منابع، افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (Esitken et al., 2003; Sharma, 2004). همراه با مصرف کود دامی، جمعیت ریزجانداران خاکزی به طور معنی‌داری افزایش یافته و مواد آلی موجود در کود دامی نیز منبع قابل توجهی برای تغذیه این موجودات محسوب می‌شوند. در زمین-های اصلاح‌شده با کود دامی، جمعیت باکتری‌ها و قارچ‌ها و فعالیت میکروبی و آنزیمی در لایه سطحی خاک نیز بالاتر است (Gholami et al., 2009). در منابع متعدد به اثر مثبت کودهای دامی بر گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، ریزموجودات جانوری و پوشش گیاهی و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی خاک تأکید شده که این امر از طریق فراهمی عناصر غذایی و تحریک رشد، افزایش معنی‌دار عملکرد را به دنبال دارد (Singh et al., 2003; Vessey, 2003). نتایج ناظری و همکاران (Nazeri et al., 2012) بر روی میزان مصرف کودآلی بر شاخص‌های رشدی لوبیا نشان داد که استفاده از کودهای آلی موجب بهبود شاخص سطح برگ شد که در نتیجه افزایش فتوسنتز و در نتیجه عملکرد ماده خشک و دانه را نیز موجب گردید. اسدی رحمانی و همکاران (Asadi Rahmani et al., 2005)

با بررسی تأثیر کاربرد کود آلی بر رشد و عملکرد لوبیا چیتی رقم Cos-16 گزارش نمودند که در نتیجه مصرف کود دامی و باکتری-های تثبیت‌کننده نیتروژن عملکرد دانه 78 درصد افزایش یافت. مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2006) طی بررسی خود در گیاه لوبیا افزایش عملکرد آن را در نتیجه کاربرد تلفیقی کود دامی و کود شیمیایی گزارش کردند، آن‌ها علت افزایش عملکرد را بهبود شرایط حاصلخیزی خاک مطرح نمودند. شهرکی و همکاران (Shahraki et al., 2016) طی بررسی روی اثر باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* و سطوح کود دامی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نشان دادند که بیشترین عملکرد اقتصادی با 49/8 تن در هکتار با مصرف توأم 30 تن در هکتار کود دامی و کود زیستی *آزوسپیریلوم* به دست آمد.

با توجه به عدم وجود تحقیقات کافی در واکنش ارقام لوبیا قرمز نسبت به تراکم و سطوح مصرف کود دامی و نظر به اهمیت گیاه لوبیا به جهت دارا بودن درصد پروتئین بالا (Dorri, 2008) و عملکرد اقتصادی بالا (Troeh & Loynachan, 2003)، همچنین از طرف دیگر، شناخت و بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشدی این گیاه در تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر عملکرد و اجزای آن، این آزمایش با هدف بررسی اثر تراکم بوته و میزان مصرف کود دامی بر شاخص‌های رشدی ارقام لوبیا قرمز در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و به مرحله اجرا در آمد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف مطالعه شاخص‌های فیزیولوژیک رشدی ارقام مختلف گیاه لوبیا قرمز نسبت به تراکم بوته و کود دامی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی مشهد (با طول جغرافیایی 59 درجه و 15 دقیقه تا 60 درجه و 36 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 35 درجه و 43 دقیقه تا 37 درجه و 8 دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا) در سال زراعی 93-1392 به اجرا در آمد.

قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نمونه‌برداری به صورت تصادفی از زمین محل اجرای آزمایش انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی-شیمیایی خصوصیات خاک در جدول 1 نشان داده شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت
Table 1- Chemical and physical characteristics of soil before planting

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	بافت Texture
7.76	3.1	0.196	4.5	320.2	لوم- سیلتی Loam-silty

به منظور انجام آماده‌سازی زمین، در شهریور ماه عملیات شخم و تسطیح زمین انجام گرفت و سپس با استفاده از نهرکن، جوی‌های زهکشی در هر یک از بلوک‌ها ایجاد شد. از آن‌جا که تیمار کودی مورد نظر کود دامی بود، لذا کود گاوی کاملاً پوسیده پنج ساله، پس از تجزیه و تعیین خصوصیات شیمیایی (جدول 2) بر اساس تیمارهای مربوط همزمان با عملیات آماده‌سازی زمین، داخل کرت‌های مربوط به هر تیمار پخش شده و با لایه 30-0 سانتی‌متر خاک به طور کامل مخلوط گردید.

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کود دامی مورد استفاده
Table 2- Chemical criteria of used criteria

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)
7.13	8.02	3787	740	0.50	62

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 36 تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل چهار رقم لوبیای قرمز با تیپ‌های متفاوت رشد (رقم اختر (رشد محدود ایستاده)، لاین D-81083 (رشد محدود ایستاده)، رقم ناز (رشد نامحدود رونده) و رقم گلی (رشد نامحدود رونده))، سه تراکم بوته (13/13، 20 و 40 بوته در مترمربع) و سه سطح مصرف کود دامی (عدم مصرف، 15 و 30 تن کود دامی در هکتار) در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است که تراکم بوته از طریق تنظیم فاصله روی ردیف پس از اطمینان از سبز شدن کامل بوته‌ها در مرحله 6-4 برگی اعمال گردید.

ابعاد کرت‌ها 5×2 متر بود. چهار ردیف کاشت با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر در هر کرت ایجاد گردید. جهت جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد و انتهای تمامی کرت‌ها و بلوک‌ها با خاک به طور کامل مسدود شد تا آبیاری کرت‌ها به طور کاملاً جداگانه انجام گیرد. عملیات کاشت تمامی ارقام در نیمه اردیبهشت ماه به صورت دستی انجام شد (10 کیلوگرم در هکتار). بلافاصله پس از کاشت جوی‌ها هر روز به مدت یک هفته با دقت آبیاری شدند تا بذور به طور یکنواخت سبز گردند. روش آبیاری مورد استفاده نشتی و جوی و پشته‌ای با استفاده از سیفون بود که در آن آب به طور مستقیم در تماس با گیاه قرار نمی‌گیرد، بلکه به صورت نفوذی به پشته‌ها نشت نموده و آن‌ها را مرطوب می‌نماید. کنترل علف‌های هرز از طریق وجین دستی پس از هر نوبت آبیاری در شرایط ظرفیت زراعی انجام شد. در طی آزمایش آفت یا بیماری خاصی مشاهده نشد. به منظور تعیین شاخص‌های رشدی لوبیا شامل سطح برگ (LAI)[1] و میزان تجمع ماده خشک (DM)[2] شش نمونه‌برداری تخریبی از هفت روز پس از کاشت و به فاصله هر 20 روز یک‌بار و با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای از طرفین کرت‌ها انجام شد.

سطح برگ گیاه توسط دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Delta-T، کشور انگلستان) تعیین گردید. برای تعیین وزن خشک ابتدا برگ‌ها از ساقه هر نمونه جدا شده و به صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی گذاشته شدند. سپس به مدت 48 ساعت در درون آون و دمای 75 درجه سانتی‌گراد قرار داده و پس از آن وزن خشک هر نمونه با استفاده از ترازو (دقت 0/01 گرم) تعیین شد.

تغییرات روزانه شاخص سطح برگ با برازش تابع لجستیکی به داده‌های اندازه‌گیری شده برآورد گردید (معادله 1).

$$Y = \frac{a + b \cdot 4 \cdot (\exp(-(t-c)/d))}{(1+\exp(-(t-c)/d))^2} \quad (1)$$

که در این معادله، Y: شاخص سطح برگ، b: حداکثر شاخص سطح برگ، c: زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، a و d: ضرایب معادله و t: روز پس از سبز شدن می‌باشد.

تغییرات ماده خشک (میزان تجمع ماده خشک) نیز بر مبنای تابع زیر محاسبه گردید (معادله 2).

$$Y = \frac{a}{1 + b \cdot \exp(-ct)} \quad (2)$$

که در این معادله، Y: ماده خشک ($g.m^{-2}$)، a: حداکثر ماده خشک تولید شده ($g.m^{-2}$)، c: میانگین سرعت رشد نسبی، b: ضریب معادله و t: روز پس از سبز شدن می‌باشد.

سپس از مشتق اول معادله (2) ($\frac{dY}{dt}$) سرعت رشد محصول (CGR)[3] برحسب $g.m^{-2}.d^{-1}$ محاسبه شد (معادله 3).

$$\frac{dY}{dt} = \frac{a \cdot b \cdot c \cdot \exp(-ct)}{(1 + b \cdot \exp(-ct))^2} \quad (3)$$

سرعت رشد نسبی (RGR)[4] ($g.g^{-1}.d^{-1}$) (معادله 4) بر مبنای مشتق دوم معادله (2) محاسبه گردید (معادله 4).

$$\frac{d_2Y}{dt} = \frac{b \cdot c \cdot \exp(-ct)}{1 + b \cdot \exp(-ct)} \quad (4)$$

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. جهت برازش توابع معادلاتی از نرم‌افزار Slide write استفاده گردید. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

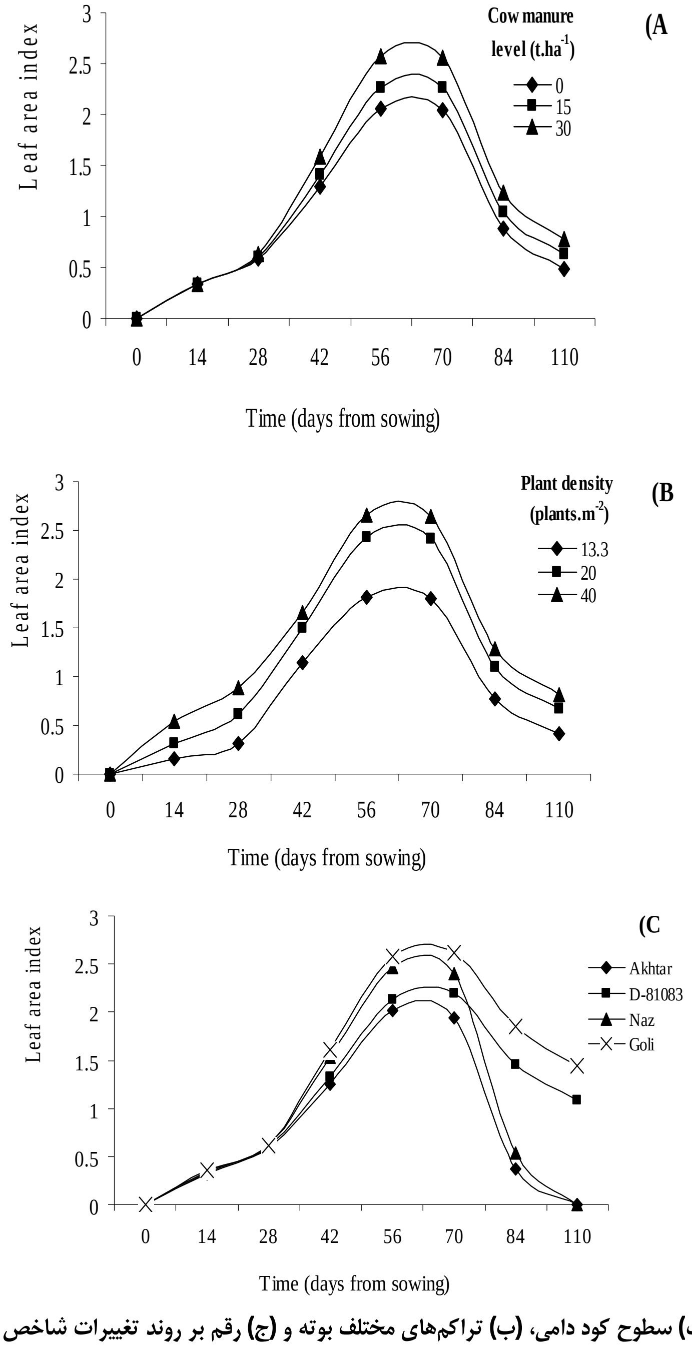
اثر سطوح مختلف کود دامی و تراکم‌های مختلف بوته بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام لوبیا در طول فصل رشد در شکل 1 نشان داده شده است.

بیشترین و کمترین شاخص سطح برگ لوبیا در 56 روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار 30 تن در هکتار کود دامی و عدم

1- Leaf area index
2- Dry matter

3- Crop growth rate
4- Relative growth rate

مصرف کود دامی با 2/57 و 2/06 مشاهده شد (شکل 1).



شکل 1- اثر (الف) سطوح کود دامی، (ب) تراکم‌های مختلف بوته و (ج) رقم بر روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا

Fig. 1- The effect of Cow manure (A), plant density (B) and common bean cultivars (C) on leaf area index (LAI) of bean

به عبارت دیگر، با کاربرد حداکثر میزان مصرف کود دامی (30 تن در هکتار)، شاخص سطح برگ 20 درصد در مقایسه با شاهد افـزایش یافت. به طور کلی، توسعه سطح برگ و تجمع ماده خشک در اغلـب حبوبات، برای یک دوره طولانی پس از کاشت معمولاً آهسته است. بنابراین، در مزارع حبوبات بخش عمده‌ای از تشعشع ابتدای فصل به دلیل پوشش گیاهی نامناسب و تراکم پایین بوتـه هـدر مـی‌رود و

شاید بخشی از عملکرد کم حبوبات در مقایسه با سایر گیاهان، به این موضوع ارتباط داشته باشد (Parsa & Bagheri, 2008). کودهای دامی به دلیل اثرات مثبت بر ساختمان خاک از طریق گسترش و رشد بیشتر ریشه‌های لوبیا (Abera et al., 2005) باعث افزایش سریع‌تر شاخص سطح برگ و ایجاد سریع پوشش گیاهی بر سطح خاک شده است. نتایج این تحقیق با تحقیق قنبری-بونجار (Ghanbari-Bonjar, 2000) در بررسی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) و لوبیای زراعی تحت تأثیر کودهای دامی بر شاخص سطح برگ لوبیا و حاصلخیزی خاک مطابقت دارد. نتایج بررسی دیگر هم نشان داد که شاخص سطح برگ نخود با کاربرد 25 تن در هکتار کود دامی 48 درصد افزایش یافت (Khaleghnezhad & Jabbari, 2014).

روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیا در طول فصل رشد در تراکم‌های مختلف بوته نسبتاً یکسان بود؛ به طوری‌که در ابتدای فصل، رشد کند و تدریجی داشت و با تولید برگ‌های بیشتر توسط گیاه و تقریباً در تمامی تیمارها کمی قبل از مرحله گلدهی (حدود 28 روز پس از کاشت) با سرعت زیادی افزایش یافت و پس از گلدهی کامل و کاسته شدن از روند افزایشی مرحله قبل، کلیه تیمارها هنگام شروع رسیدگی فیزیولوژیک به حداکثر مقدار شاخص برگ رسیده (حدود 56 روز پس از کاشت) و پس از آن کاهش یافتند (شکل 1). بیشترین شاخص سطح برگ در تراکم 40 بوته در مترمربع (2/65) و کمترین آن در تراکم 13/13بوته در مترمربع (1/82) مشاهده شد. به ‑نظر می‌رسد که تراکم 40 بوته در مترمربع به دلیل تراکم ایجاد پوشش مطلوب‌تر بر سطح خاک و نفوذ نور کافی (Moaveni et al., 2011) و همچنین رقابت کمتر بر سر جذب عناصر غذایی (Al-Ramamneh, 2009) و فراهمی آب و عناصر غذایی باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. طالعی و همکاران (Talei et al., 2010)، برود (Bourd, 2001) و شوکلا و دیکس (Shukla & Dixit, 2000) نیز نتایج مشابهی را در این رابطه به ترتیب در لوبیا، سویا (*Glycine max* L.) و ماش (*Vigna radiata* L.) گزارش کردند. هم‌چنین بابائیان و همکاران (Babaeian et al., 2012) نیز گزارش کردند که افزایش تراکم بوته لوبیا از 11 به 33 بوته در مترمربع، باعث افزایش 16 درصدی شاخص سطح برگ گردید.

همان‌گونه که در شکل 3 مشاهده می‌شود، روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام لوبیا در ابتدای فصل رشد روند افزایشی داشت و در ارقام مختلف لوبیا تا 70 روز پس از کاشت این روند ادامه یافت و پس از آن سیر نزولی پیدا کرد، در این زمان، رقم گلی با 2/61 بیشترین شاخص سطح برگ را تولید کرد که افزایش شاخص سطح برگ سبب افزایش در فتوسنتز و در نتیجه عملکرد ماده خشک و دانه بیشتر خواهد شد. شاخص‌های رشدی به طور غیرمستقیم تحت تأثیر رقابت می‌باشد، زیرا پدیده رقابت روی سطح برگ و ماده خشک گیاه شدیداً تأثیر می‌گذارد (Asghari et al., 2006). همچنین دور از انتظار نیست که رقم گلی و ناز به علت داشتن تیپ رشدی رونده در رقابت با علف‌های‌هرز موفق‌تر عمل کرده (Ghanbari Motlagh et al., 2011; Baghestani et al., 2003) و در نتیجه سطح برگ بالاتری را نیز تولید نموده‌اند. امینی و فاتح (Amini & Fateh, 2011) نیز در بررسی اثر تاج خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) بر شاخص‌های رشد و عملکرد رقم‌های لوبیا قرمز گزارش کردند که رقم‌های گلی و صیاد در رقابت با تراکم‌های بالای تاج خروس شاخص سطح برگ و سرعت رشد مطلق بیشتری در مقایسه با رقم اختر و لاین D-81083 داشتند. همچنین شاخص سطح برگ و سرعت رشد تاج خروس در رقابت با رقم‌های گلی و صیاد کمتر از رقم اختر و لاین D-81083 بود که نشان‌دهنده توان رقابتی بیشتر این ارقام در برابر تاج خروس ریشه قرمز بود. قنبری مطلق و همکاران (Ghanbari Motlagh et al., 2011) نیز با بررسی شاخص‌های رشدی ارقام مختلف لوبیا قرمز گزارش نمودند که بالاترین شاخص سطح برگ با 2/38 برای رقم گلی به دست آمد. آن‌ها نیز دلیل این بالاتر بودن را به تیپ رشدی این رقم نسبت دادند.

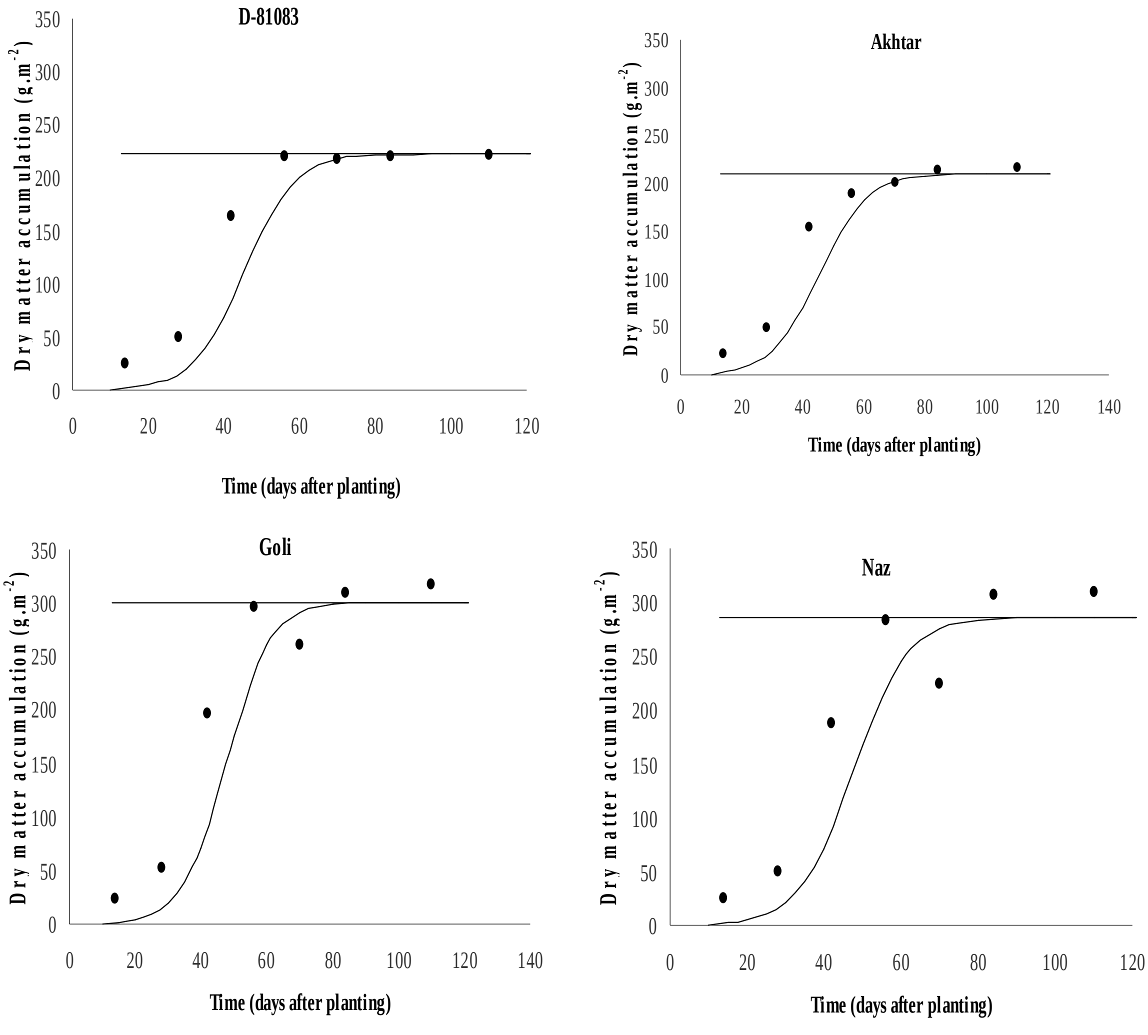
روند تغییرات تجمع ماده خشک (DM)

چنان‌که انتظار می‌رفت، بیشترین میزان تجمع ماده خشک ارقام لوبیا تحت تأثیر سطوح کود دامی و تراکم بوته در طی فصل رشد در شرایطی به دست آمد که حائز شاخص سطح برگ بالاتر و در نتیجه پتانسیل بالاتری برای تولید و تجمع ماده خشک بودند. در اوایل دوره رشد، مقدار و سرعت تجمع ماده خشک نسبتاً کم بود و با گذشت زمان و همراه با افزایش شاخص سطح برگ میزان فتوسنتز جامعه گیاهی افزایش یافت و شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفت و بعد از آن به دلایلی همچون پیری و زردی برگ‌ها، سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی، ریزش برگ‌های پایینی، انتقال مجدد[1] کربوهیدرات‌های ذخیره شده، افزایش بافت‌های

1- Remobilization

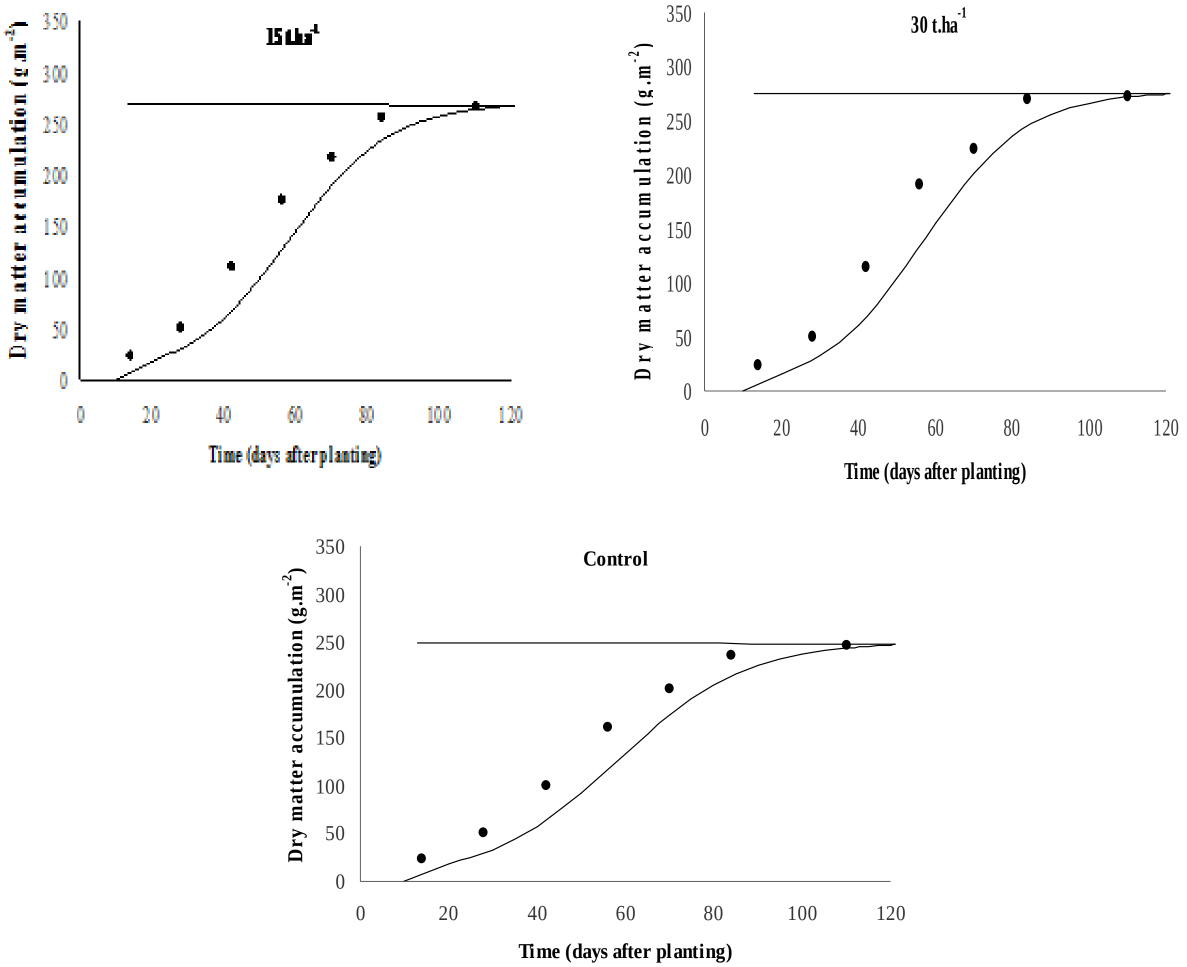
ساختمانی غیرفتوسنتزی گیاه و افزایش تنفس گیاه (Mostafavi, 2014) شیب تجمع ماده خشک کم و سپس تقریباً ثابت شد (شکل های 2، 3 و 4).

بیشترین مقدار تجمع ماده خشک به ترتیب برای 30 تن کود دامی در هکتار (275/61 گرم در مترمربع) به دست آمد که نسبت به عدم مصرف کود دامی و کاربرد 15 تن در هکتار کود دامی به ترتیب چهار و 10 درصد افزایش یافت (شکل 3). با توجه به این مطلب که تجمع ماده خشک شاخصی از میزان تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و توان جذب عناصر توسط آن محسوب می‌شود (Aroiee & Omidbaigi, 2004)، همچنین به نظر می‌رسد که استفاده از کود دامی از طریق بهبود ساختمان خاک و افزایش درصد ماده آلی باعث بهبود رشد ریشه، بالا بردن توان جذب و نگهداری آب و نیز افزایش مقدار عناصر قابل جذب برای گیاه شده و از این طریق باعث افزایش توان فتوسنتزی گیاه و بهبود تجمع ماده خشک در لوبیا را به دنبال داشته است. مجیدیان و همکاران (Majidian et al., 2006) طی بررسی خود در گیاه لوبیا بیشترین تجمع عملکرد دانه و علوفه خشک را در تیمار کاربرد 25 تن در هکتار کود دامی به ترتیب با 904/37 و 3482/89 کیلوگرم در هکتار گزارش کردند.



شکل 2- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک ارقام لوبیا

Fig. 2- Trends of dry matter (DM) accumulation of bean cultivars



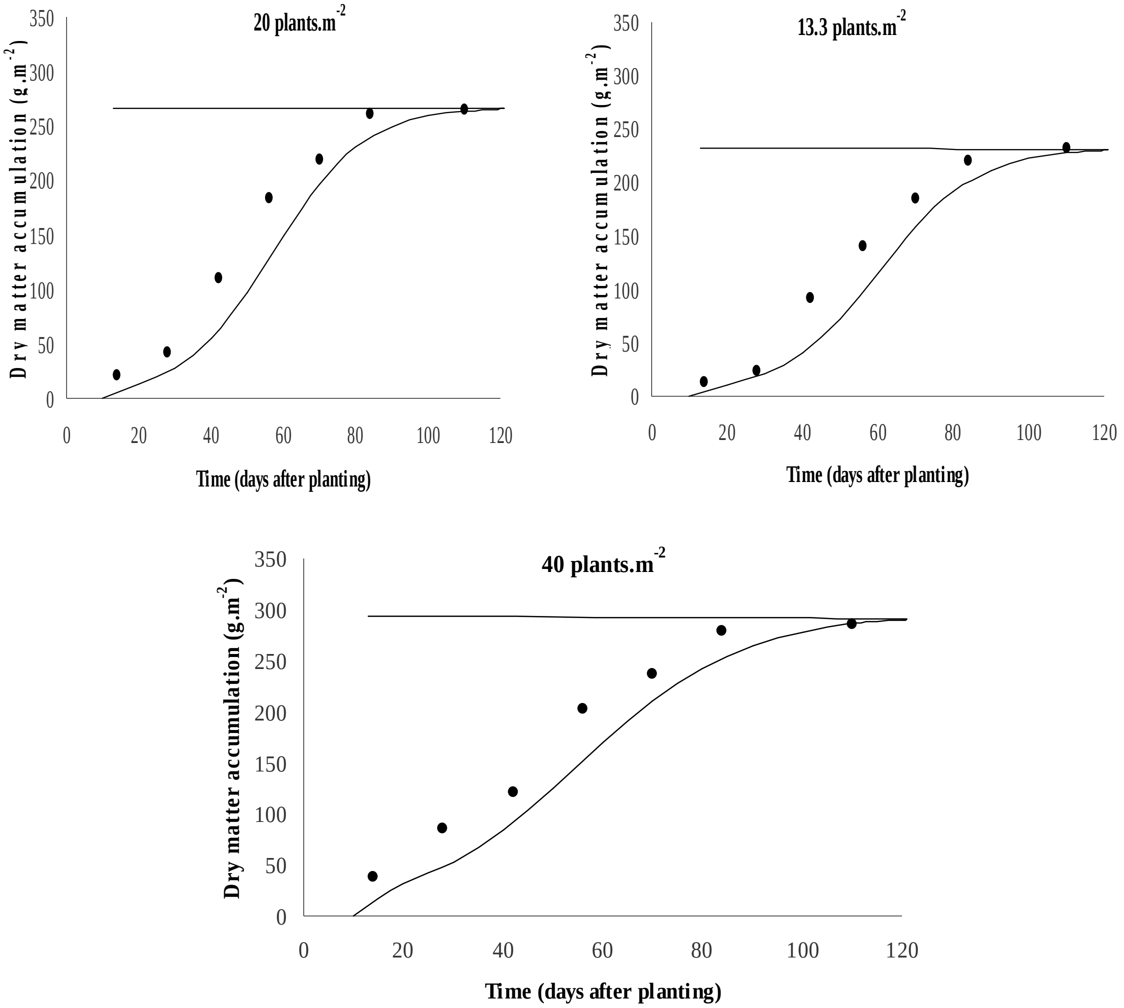
شکل 3- اثر سطوح کود دامی بر روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک لوبیا

Fig. 3- The effect of cow manure on dry matter accumulation (DM) of bean

آن‌ها علت افزایش عملکرد را بهبود حاصلخیزی خاک و فراهمی بیشتر عناصر غذایی به ویژه عناصر پرمصرف برای رشد بوته‌ها مطرح نمودند. ملکوتی (Malakoti, 2000) گزارش کرد که استفاده از کودهای دامی در مقایسه با شاهد اثر مثبتی در افزایش غلظت نیتروژن، پروتئین دانه، فسفر دانه و افزایش ماده خشک گیاه نخود داشت. در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه نخود نیز مشخص شد که کاربرد کودهای دامی، 35 درصد عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد و بیشترین عملکرد در نتیجه کاربرد 25 تن در هکتار کود دامی بود (Mishra et al., 2010).

تعادل بین اندام‌های رویشی و زایشی تشکیل‌دهنده عملکرد امری ضروری است (Parsa & Bagheri, 2008). مطالعات نشان داده‌اند که عملکرد کل ماده خشک تولیدی با تراکم بوته رابطه‌ای تنگاتنگ دارد (Tharp & Kells, 2001). مقدار کل ماده خشک تولیدی با افزایش تراکم افزایش یافت؛ به طوری‌که تراکم 40 بوته در مترمربع با 293/43 گرم در مترمربع حداکثر ماده خشک تولیدی را دارا بود (شکل 4). با کاهش تراکم از 40 به 13/13 بوته در مترمربع، مقدار کل ماده خشک تولیدی 24 درصد کاهش یافت (شکل 4). چنین به نظر می‌رسد که افزایش تراکم به علت افزایش تعداد بوته‌ها در واحد سطح شرایط بهینه‌ای را برای حصول پوشش گیاهی مطلوب و بالتبع آن جذب نور بیشتر و دستیابی به حداکثر راندمان فتوسنتز فراهم آورده است. ربیعی و جیرانی (Rabie & Jerani, 2015) نیز مشاهده نمودند که با افزایش فواصل کاشت بین ردیف و همچنین بین دو بوته در ردیف و در نتیجه کاهش تراکم بوته، عملکرد دانه و بیولوژیکی لوبیا به طور معنی‌داری کاهش یافت. ناصری و همکاران (Naseri et al.,

2015) با اعمال تراکم‌های مختلف کاشت در نخود گزارش نمودند که می‌توان با افزایش تراکم (از 20 به 40 بوته در مترمربع)، عملکرد دانه در واحد سطح را به طور معنی‌داری افزایش داد.



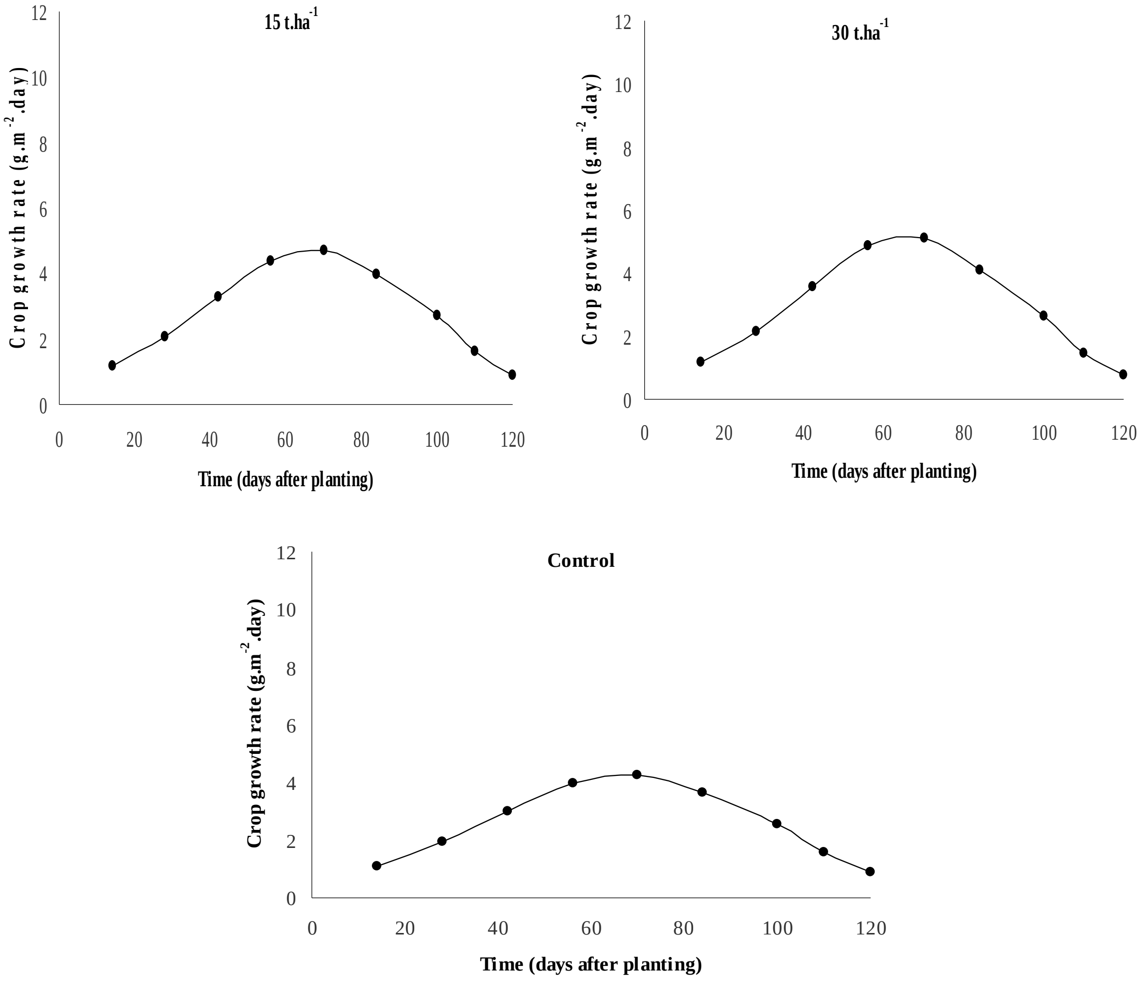
شکل 4- روند تغییرات میزان تجمع ماده خشک لوبیا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف

Fig. 4- Trends of dry matter (DM) accumulation of bean affected by different plant densities

آن‌ها بیان کردند که بالاترین عملکرد بیولوژیکی با 2860 کیلوگرم در هکتار در تراکم 40 بوته در مترمربع حاصل شد. آندراده و همکاران (Andrade et al., 2002) نیز گزارش کردند که اعمال فواصل ردیف باریک در بین بوته‌ها سبب توزیع متعادل بوته‌ها، ایجاد الگوی کاشت مناسب، بهبود جذب عناصر غذایی از خاک، کاهش رقابت علف‌های هرز، افزایش نور و افزایش، عملکرد می‌گردد. در آزمایش موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2010) نشان داده شد که عملکرد دانه نخود در تراکم کاشت 30 بوته در مترمربع به طور معنی‌داری کمتر از سایر تراکم‌ها بود. همچنین با افزایش تراکم از 30 به 54 بوته در مترمربع عملکرد دانه نخود در واحد سطح به طور تقریباً خطی افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را استفاده مطلوب‌تر از تشعشع فتوسنتزی و در نتیجه تولید بیشتر ماده خشک نسبت دادند.

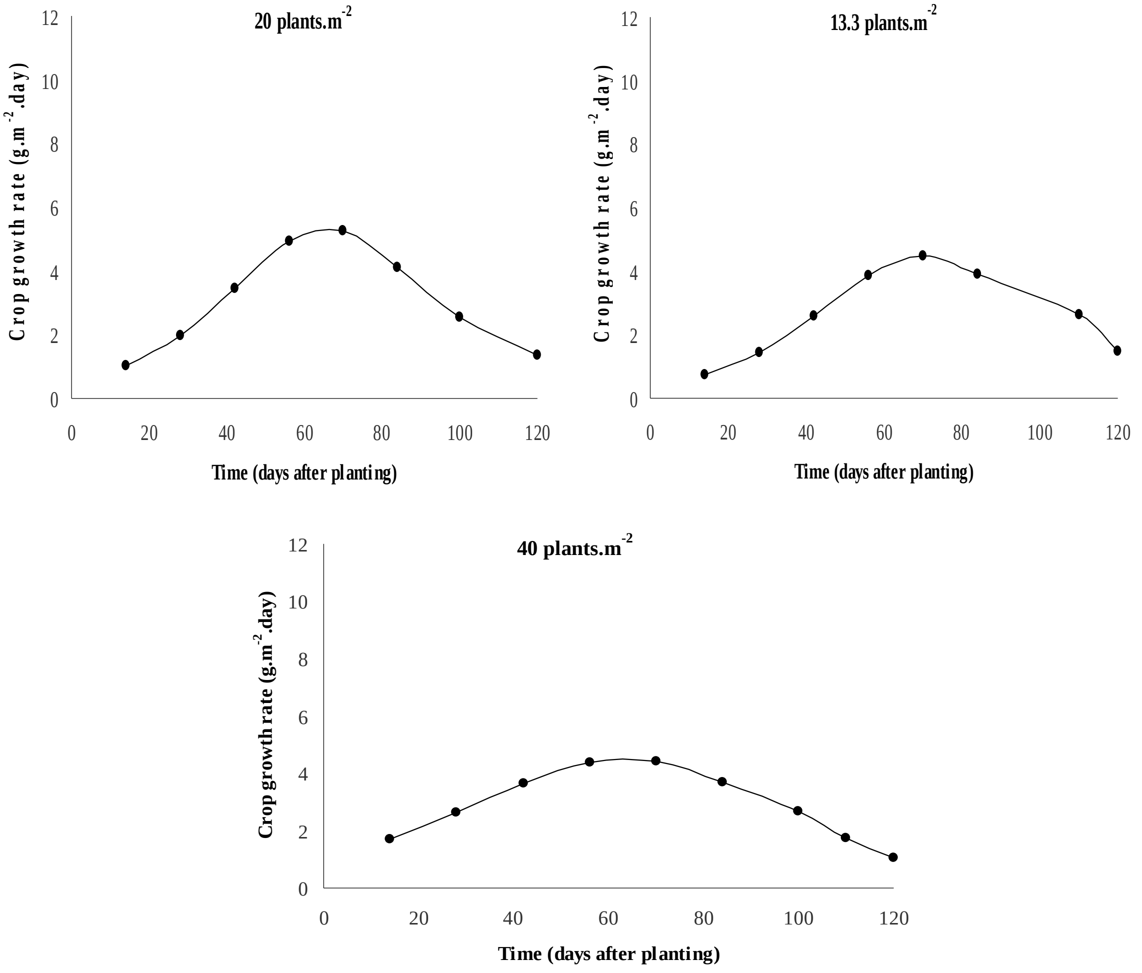
مقدار کل ماده خشک تولیدی در ارقام گلی و ناز (دارای تیپ

رشدی نامحدود رونده) (به ترتیب با 300/4 و 285/1 گرم در مترمربع) به ترتیب 32 و 30 درصد نسبت به رقم اختر و 30 و 28 درصد نسبت به لاین D-81083 (دارای تیپ رشدی محدود ایستاده)، بیشتر بود (شکل 2). طبق تحقیقات انجام شده میزان تجمع ماده خشک، مقیاسی مناسب از رشد رویشی گیاهان بوده که به طور مستقیم با درصد تابش خورشیدی جذب شده توسط پوشش گیاهی مرتبط است (Holshouser & Whittaker, 2002)، بنابراین، با توجه به نحوه رشد نامحدود رونده ارقام گلی و ناز این افزایش عملکرد در تراکم‌های بالاتر به دلیل افزایش رقابت برای جذب نور بیشتر قابل توجیه می‌باشد. طی بررسی فواصل کاشت بر ارقام لوبیا گزارش شد که ارقام رونده در مقایسه با رشد ایستاده و نیمه‌ایستاده، عملکرد دانه بیشتری را دارا بودند (Moeini et al., 2009). گزارش لطیفی و نواب‌پور (Latifi & Navab Por, 2008) نیز روی اثر تراکم بوته در ارقام مختلف لوبیا چیتی مبنی بر برتری عملکرد ماده خشک تولیدی نتایج حاصله در این آزمایش را تأیید می‌کند. این محققین گزارش کردند که در ارقام رونده لوبیا با تراکم 30 بوته در مترمربع بالاترین ماده خشک تولیدی حاصل شد. مدنی و همکاران (Madani et al., 2008) گزارش نمودند که در نواحی گرم در لاین‌های رشد محدود، تغییرات عملکرد در مقایسه با ارقام رشد نامحدود کمتر بوده و لوبیاهای بذر درشت معمولاً عملکرد کمتری از لوبیاهای بذر ریز دارند.



شکل 5- اثر سطوح کود دامی بر روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیا

Fig. 5- The effect of cow manure levels on crop growth rate (CGR) of bean



شکل 6- روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف

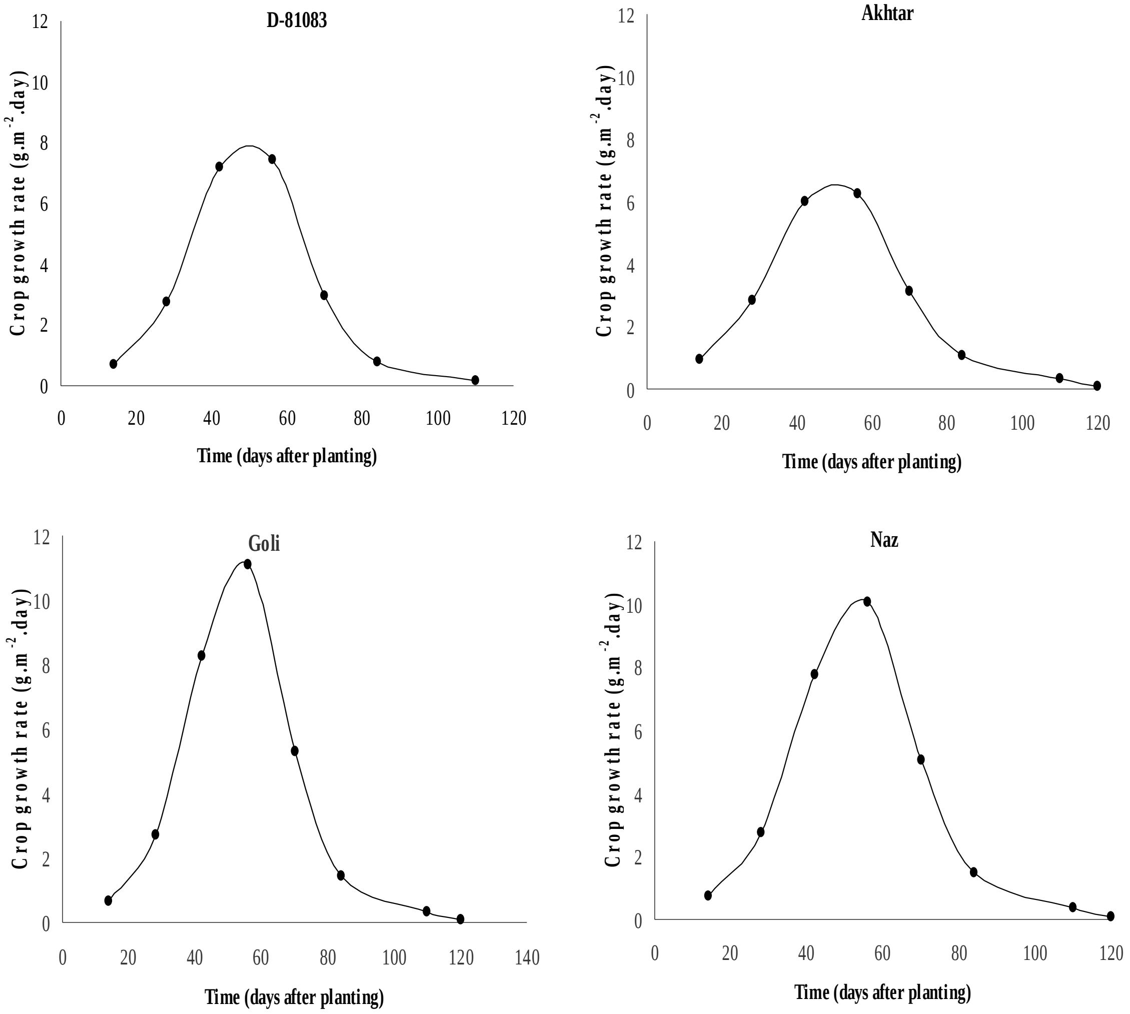
Fig. 6- Trends of dry matter (DM) accumulation of bean affected by different plant densities

سرعت رشد محصول (CGR)

روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام لوبیا در طول فصل رشد تحت تأثیر مقادیر مختلف کود دامی و تراکم بوته، در شکل‌های 5، 6 و 7 نشان داده شده است.

سرعت رشد محصول شاخصی است که میزان تجمع ماده خشک را در واحد زمان و سطح زمین نشان می‌دهد. در ابتدای فصل رشد به دلایلی همچون کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب تابش، کوتاه بودن روزها و دمای پایین هوا، سرعت رشد محصول نیز پایین بوده و پس از مدتی به دلیل توسعه سطح برگ گیاه و افزایش رشد ریشه‌ها و در نتیجه امکان فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول شدت یافت و در اواسط دوره رشد به حداکثر میزان خود رسیده است.

پس از این مرحله سرعت رشد محصول دچار کاهش شدیدی گردید و این روند تا پایان دوره رشدی گیاه نیز ادامه یافت. روند حاضر به دلیل افزایش تدریجی و فزاینده جذب تشعشع خورشیدی، همزمان با افزایش شاخص سطح برگ در اوایل فصل رشد و نتیجه افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد و با گذشت زمان، پس از رسیدن به حد نهایی خود با پیر شدن برگ‌ها و کاهش فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول کاهش یافته است. روند افزایش CGR، در تمام تیمارها تا 70 روز پس از سبز شدن افزایش و سپس با نزدیک شدن به مراحل رسیدگی و پر شدن دانه و اختصاص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و زرد شدن اندام‌های فتوسنتزی کاهش یافت (شکل‌های 5، 6 و 7).



شکل 7- روند تغییرات سرعت رشد محصول ارقام لوبیا
Fig. 7- Trends of crop growth rate (CGR) of bean cultivars

بیشترین و کمترین CGR در 70 روز پس از سبز شدن به ترتیب در تیمار 30 تن در هکتار کود دامی و عدم مصرف کود دامی با 5/11 و 4/25 گرم بر مترمربع در روز مشاهده شد. با افزایش مصرف کود دامی از صفر به 15 تن در هکتار و از 15 به 30 تن در هکتار سرعت رشد لوبیا به ترتیب 12 و 11 درصد افزایش یافت. چنین به نظر می‌رسد که بالاتر بودن سرعت رشد در تیمار مصرف بیشتر کود دامی احتمالاً به علت بالاتر بودن شاخص سطح برگ (شکل 1) و متعاقب آن بالا بودن وزن خشک تولیدی در شرایط استفاده از کود دامی می‌باشد.

احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی کود دامی، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی (Arancon, 2004; Tomati, 1987) و همچنین افزایش فعالیت ریزجانداران خاکزی به واسطه فعالیت زیستی بیشتر (Arancon, 2004) باعث افزایش تجمع نیتروژن توسط گیاه شده که این امر در نهایت، بهبود سرعت رشد محصول را موجب شده است.

سرعت رشد محصول یکی از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان همبستگی بالایی نشان می‌دهد (Mohammadian et al., 2013) و از مهم‌ترین شاخص‌های تجزیه و تحلیل رشد در جوامع

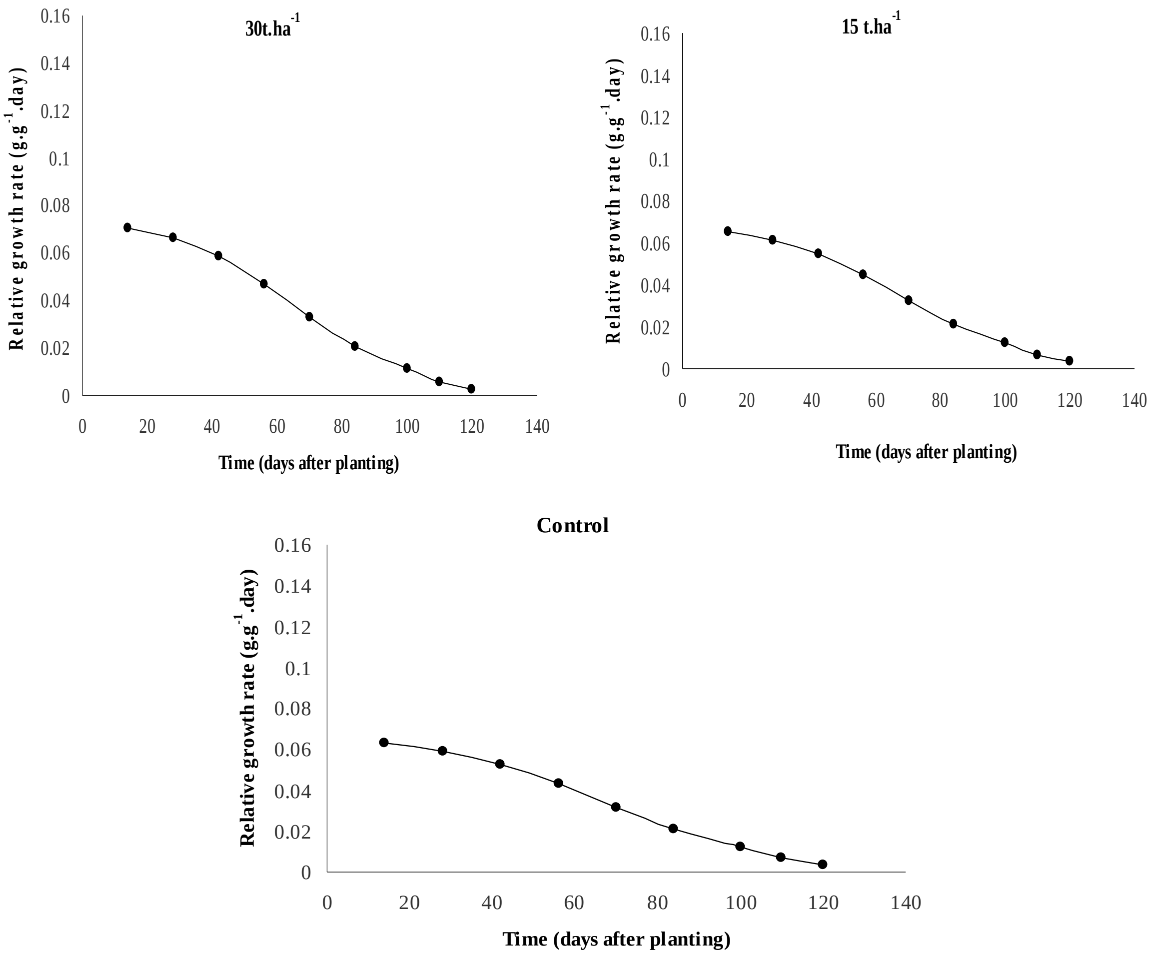
گیاهی محسوب می‌شود. سرعت رشد محصول به صورت افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح مزرعه در واحد زمان تعریف می‌گردد، بر حسب گرم (وزن خشک کل گیاه) در مترمربع (واحد سطح زمین) در روز بیان می‌شود. از سرعت رشد محصول به طور وسیعی در تجزیه و تحلیل رشد محصولات استفاده می‌شود (Koocheki & Sarmadniya, 2011). برخی محققان معتقدند که سرعت رشد محصول رابطه مستقیمی با سطح فتوسنتزکننده گیاهی و پوشش گیاهی بر سطح خاک دارد و به خصوص در تراکم‌های مطلوب توزیع بوته‌ها و سطح برگ در واحد سطح یکنواخت‌تر شده و برگ‌ها موقعیت مناسب‌تری برای جذب تابش و فتوسنتز پیدا می‌کنند و در نتیجه سرعت رشد محصول افزایش می‌یابد (Oozooni Doji et al., 2008). دکا و دیلیپ (Deka & Dileep, 2002)، در تحقیقات خود افزایش سرعت فتوسنتزی گیاهان را در اثر تلقیح با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و *آزوسپریلیوم* گزارش کردند. دلیل این امر ناشی از تولید هورمون‌های محرک رشد و بهبود جذب عناصر غذایی توسط این ریزجانداران بوده که متعاقباً افزایش سرعت فتوسنتزی گیاهان تلقیح شده نسبت به شاهد را به دنبال داشته است. شکوهی (Shokuhi, 2011) حداکثر مقدار سرعت رشد محصول نخود را در تیمار مصرف 20 تن در هکتار کود دامی گزارش کرد.

در تمامی تراکم‌های مورد بررسی حداکثر CGR در تراکم 40 بوته در مترمربع با 4/41 گرم در مترمربع در روز مشاهده شد. افزایش تراکم کاشت از 13/13 به 20 و 40 بوته در مترمربع به ترتیب سبب افزایش پنج و 18 درصدی سرعت رشد محصول گردید (شکل 6). نتایج مشابهی در این مورد توسط سیرتی و همکاران (Sirait et al., 2002) و اینی (Enyi, 2007) به ترتیب در لوبیا و سویا (*Glycine max* L.) گزارش شده است. ترابی جعفررودی و همکاران (Torabi Jafroudi et al., 2007) نیز اظهار داشتند که با کاهش فاصله بین دو بوته در ردیف و یا افزایش تراکم کاشت بر میزان سرعت رشد لوبیا افزوده شد. طبق یافته‌های استینموس و نوریس (Steinmaus & Noriss, 2005) افزایش تراکم بوته لوبیا از 10 به 40 بوته در مترمربع و یا کاهش فواصل ردیف کاشت، امکان افزایش سرعت رشد محصول در ارقام ایستاده و ارقام رونده لوبیا را بیشتر می‌کند. لوپز-بیلودی و همکاران (Lopez-Billido et al., 2007) طی آزمایشی گزارش کردند که افزایش تراکم گیاهی از طریق کاهش فاصله ردیف ها سرعت رشد نخود زمستانه را افزایش داد.

در بین ارقام بیشترین سرعت رشد محصول با 11/09 گرم در مترمربع در روز مربوط به رقم گلی بود (شکل 7). رقم اختر نیز به-علت داشتن کمترین ماده خشک تجمعی (شکل 4) و کمترین شاخص سطح برگ (شکل 1) با 6/23 گرم در مترمربع در روز کمترین سرعت رشد محصول را به خود اختصاص داد (شکل 7). به نظر می‌رسد که بالا بودن سرعت رشد محصول در رقم گلی مربوط به علت رشد نامحدود بودن و تیپ رشدی رونده آن بوده است. همچنین داشتن شاخص سطح برگ بالا (شکل 1) را می‌توان به عنوان یکی دیگر از دلایل احتمالی بیشتر بودن سرعت رشد محصول در این رقم بیان کرد. نتایج بررسی قنبری مطلق و همکاران (Ghanbari Motlagh et al., 2011) بر روی ارقام مختلف لوبیا نیز مؤید این مطلب می‌باشد، این محققان گزارش کردند که بیشترین سرعت رشد با 14/04 گرم بر مترمربع در روز مربوط به رقم گلی و رقم درخشان با 9/87 گرم بر مترمربع در روز کمترین سرعت رشد را به خود اختصاص دادند. ایزیک و همکاران (Isik et al., 2001) نیز نشان دادند که ارقام رونده لوبیا از قابلیت تولید بالاتری نسبت به تیپ‌های بوته‌ای برخوردار هستند. ترابی جعفررودی و همکاران (Torabi Jafroudi et al., 2007) در مقایسه بین تیپ‌های رشدی مختلف لوبیا نیز بیان کردند که رقم رونده ناز دارای سرعت رشد محصول بالاتری نسبت به رقم ایستاده درخشان بود. معینی و همکاران (Moeini et al., 2009) در بررسی سرعت رشد ارقام مختلف لوبیا گزارش نمودند که سرعت رشد رقم گلی با تیپ رشدی رونده 36 درصد بیشتر از رقم درخشان با تیپ رشدی ایستاده بود.

سرعت رشد نسبی (RGR)

در شکل‌های 8، 9 و 10 سرعت رشد نسبی (مشتق دوم معادله سیگموییدی روند تجمع ماده خشک) ارقام لوبیا تحت تأثیر مقادیر مختلف کود دامی و تراکم بوته نشان داده‌شده است.



شکل 8- روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیا تحت تأثیر سطوح مختلف کود دامی

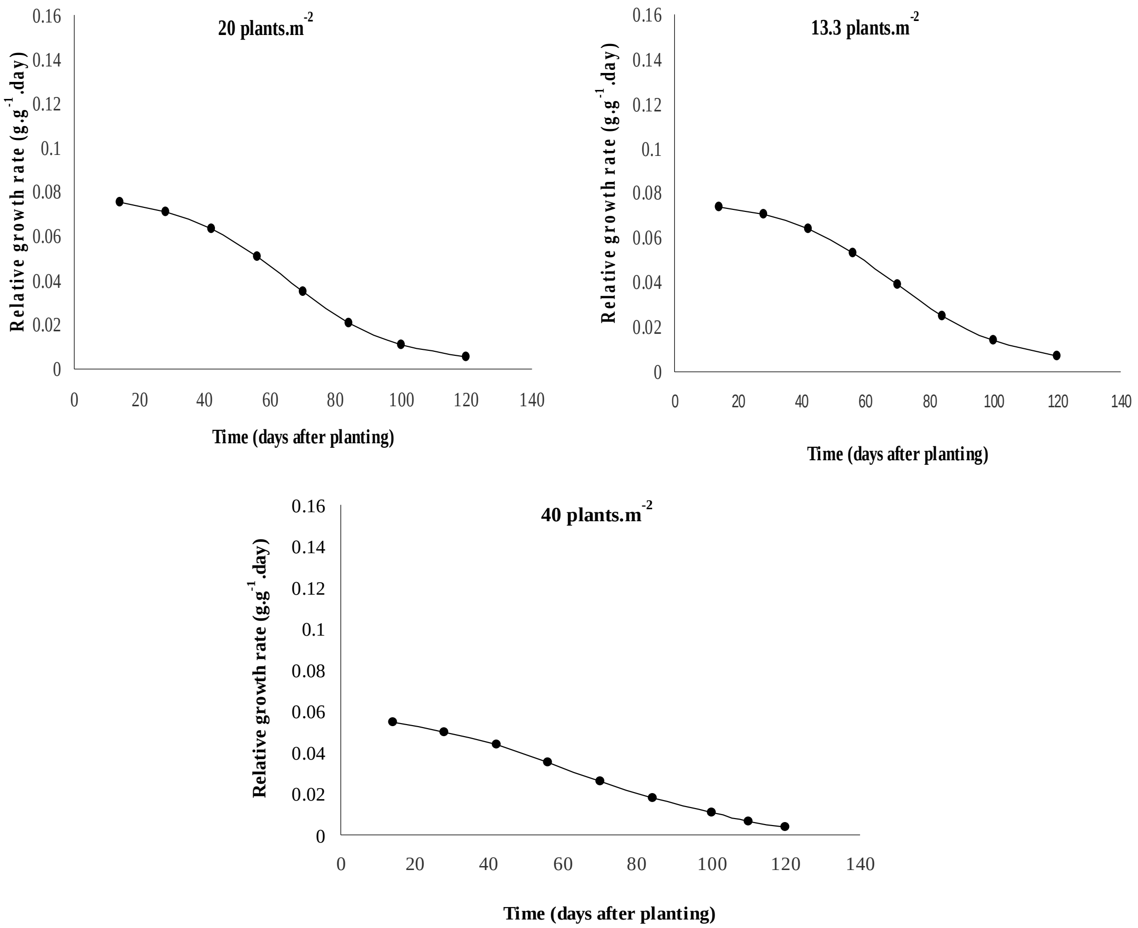
Fig. 8- Trends of relative growth rate (RGR) of bean affected by different manure levels

سرعت رشد نسبی مشتق دوم معادله سیگموییدی روند تجمع ماده خشک بوده و بیانگر وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است، اما توصیف‌کننده سرعت رشد ثابت در طول یک چارچوب زمانی مشخص نیست و می‌توانند با مقادیر لحظه‌ای RGR متفاوت باشد (Koocheki & Sarmadniya, 2011). سرعت رشد نسبی به تنهایی نمی‌تواند در تجزیه و تحلیل شرایط رشد گیاهان و به خصوص جوامع گیاهی مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین، توصیه محققین برای محاسبه تولید ماده خشک در گیاهان با استفاده توأم از سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) که به عنوان دو شاخص مهم در تجزیه و تحلیل رشد مطرح می‌باشند، توصیه می‌گردد (Conley et al., 2002).

کاربرد 30 تن در هکتار کود دامی نتایج بهتری را نسبت به سایر تیمارها نشان داد؛ به طوری‌که بالاترین سرعت رشد نسبی در 14 روز پس از سبز شدن مربوط به تیمار مصرف 30 تن در هکتار کود دامی با مقدار 0/07 گرم بر گرم در روز بود (شکل 8). سرعت رشد نسبی در تیمار 15 تن کود دامی در هکتار و عدم مصرف کود دامی به ترتیب برابر 0/065 و 0/063 شد که نسب به تیمار مصرف 30 تن در هکتار کود دامی هفت و 10 درصد کاهش داشتند (شکل 8). علت این امر می‌تواند به این دلیل باشد که در تیمار مصرف 30 تن در هکتار کود دامی به دلیل در اختیار داشتن عناصر غذایی بیشتر نسبت به سایر تیمارها سبب بهبود رشد رویشی شده و به دنبال آن سرعت رشد نسبی نیز افزایش یافته است این نتایج با یافته‌های ناظری و همکاران

(Nazeri et al., 2012) در بررسی شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد به کودهای آلی در لوبیا هم‌خوانی دارد. آن‌ها بیان کردند که سرعت رشد نسبی تحت تأثیر مصرف کود دامی قرار گرفت، به طوری‌که در سطح کودی 25 تن در هکتار کود دامی بیشترین وزن خشک کل، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت آسیمیلاسیون خالص مشاهده شد.

در تراکم 40 بوته در مترمربع بیشترین سرعت رشد نسبی لوبیا مشاهده گردید؛ به طوری‌که سرعت رشد نسبی در تراکم 40 بوته در مترمربع نسبت به تراکم‌های 20 و 13/13 بوته در مترمربع، به ترتیب 48 و 97 درصد بالاتر بود (شکل 9).



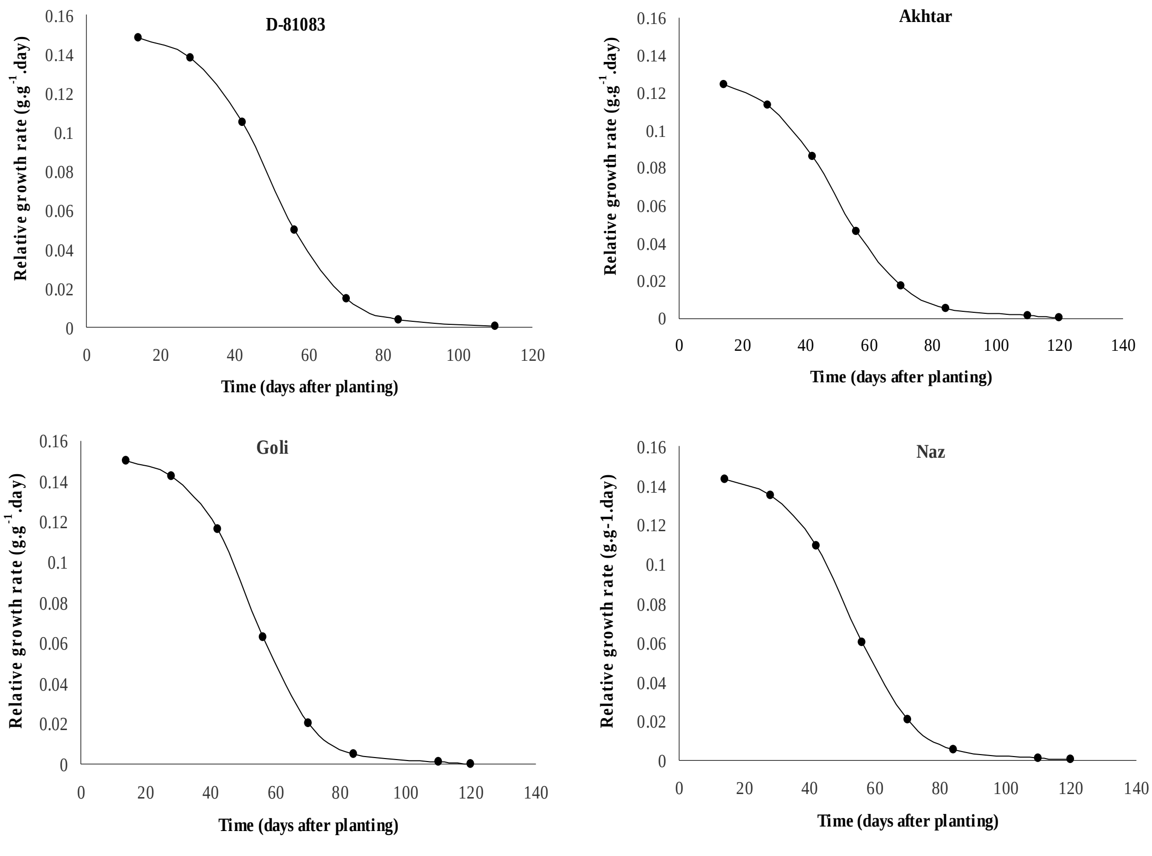
شکل 9- روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف

Fig. 9- Trends of relative growth rate (RGR) of bean affected by different plant densities

به نظر می‌رسد که در تراکم 13/13 بوته در مترمربع به دلیل عدم پوشش کامل سطح خاک کارایی استفاده از منابع طبیعی کاهش یافته، بنابراین، کاهش فاصله بین ردیف‌های کاشت با افزایش دریافت نور (Naseri et al., 2010)، کاهش تبخیر از سطح خاک (Rezaeyan Zadeh et al., 2011; Fallah et al., 2005)، بهبود جذب عناصر غذایی خاک (Talei et al., 2000) و جلوگیری از رشد علف‌های هرز توانسته سرعت رشد نسبی را بهبود بخشد (Mazaheri & Chghakhor,2011). در این ارتباط، موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2009) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آن‌ها نشان دادند که بیشترین سرعت رشد نسبی در تراکم 66 بوته در مترمربع به دست آمد. در بررسی سه فاصله کشت 30، 45 و 60 سانتی‌متر در دو رقم لوبیا عنوان شد که با کاهش فاصله بین ردیف یا افزایش تراکم بر

میزان سرعت رشد نسبی افزوده شده و بالاترین مقدار این صفت در فاصله بین ردیف 30 سانتی‌متر حاصل شد (Torabi Jafroudi et al., 2004). در بررسی گنجعلی و همکاران (Gandjali et al., 2000) نشان داده شد که اثر تراکم گیاهی بر سرعت رشد نسبی معنی دار می‌باشد، به طوری‌که تراکم‌های 70 و 30 بوته در مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین سرعت رشد نسبی را دارا بودند. آن‌ها کم بودن این صفت را در تراکم پایین به عدم وجود پوشش گیاهی کافی نسبت دادند که این امر در مراحل اولیه رشد، سبب از دست دادن قسمت زیاد تابش نور و بنابراین، موجب کاهش سرعت رشد نسبی گردید. لیچ (Leach, 2009) طی دو سال آزمایش بر نخود زراعی در شرایط دیم دریافت که سرعت رشد نسبی با افزایش تراکم بوته از 14 تا 56 بوته در مترمربع به طور معنی‌داری افزایش یافت. آن‌ها همچنین اعلام نمودند که تراکم حداقل 40 بوته در مترمربع برای به دست آوردن حداکثر سرعت رشد نسبی لازم است. نتیجه بررسی فاصله ردیف و فواصل بوته روی ردیف بر لوبیا سفید (*Phaseolus lunatus* L.) بدین صورت بود که با افزایش فاصله ردیف و فواصل بوته، سرعت رشد نسبی کاهش یافت (Kahrarian & Fatemi, 2005).

همان‌گونه که در شکل 10 ملاحظه می‌گردد، رقم گلی با 0/05 گرم بر گرم در روز بیشترین و رقم اختر با 0/04 گرم بر گرم در روز کمترین سرعت رشد نسبی را داشتند. به بیان دیگر، رقم رونده گلی از اختر هشت درصد و از لاین پنج درصد سرعت رشد نسبی بالاتری داشت (شکل 10).



شکل 10- روند تغییرات سرعت رشد نسبی ارقام لوبیا

Fig. 10- Trends of relative growth rate (RGR) of bean cultivars

به طور کلی، سرعت رشد نسبی در سطوح مختلف مصرف کود دامی در طول فصل رشد با توجه برای میزان مصرف کود دامی بین

0/002 تا 0/07 گرم بر گرم در روز، برای تراکم‌های مختلف گیاهی بین 0/003 تا 0/07 گرم بر گرم در روز و برای ارقام مختلف بین 0/0002 تا 0/01 گرم بر گرم در روز را شامل شد (شکل‌های 8، 9 و 10).

بر این اساس، می‌توان اظهار داشت که سرعت رشد نسبی ارقام رونده با توجه به بالاتر بودن شاخص سطح برگ (شکل 1) و تجمع ماده خشک تولیدی (شکل 4) در مقایسه با ارقام ایستاده افزایش یافته است. مالیک و همکاران (Malik et al., 1993)، نگوجیو و همکاران (Ngouajio et al., 2001) و نای و همکاران (Ni et al., 2001) نیز گزارش کردند که رقم‌های رشد نامحدود و نیمه‌رونده لوبیا شاخص سرعت رشد نسبی بیشتری در مقایسه با رقم‌های بوته‌ای و رشد محدود لوبیا داشتند. آن‌ها علت این امر را به سطح جذب بیشتر تشعشع خورشیدی به واسطه توزیع بهتر پوشش گیاهی بر سطح خاک در تیپ‌های با رشد نامحدود و نیمه‌رونده نسبت دادند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2006) نیز مشاهده کردند که ژنوتیپ‌های خوابیده لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) نسبت به ژنوتیپ های ایستاده سرعت رشد نسبی بالاتری داشتند.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله از این آزمایش، برتری شاخص‌های رشدی این آزمایش ارتباط مشخصی را بین تیپ رشدی بوته، مقدار مصرف کود دامی و تراکم بوته لوبیا نشان داد، به طوری‌که رقم گلی با تیپ بوته رونده در شرایط مصرف 30 تن در هکتار کود دامی و تراکم 40 بوته در مربع در مقایسه با سایر ارقام موفق‌تر عمل کرد و توانست شاخص سطح برگ و به تبع آن عملکرد بیشتری را تولید کند. بنابراین استفاده از کود دامی جهت حاصلخیزی خاک و بهبود رشد لوبیا در جهت افزایش تولید یکی از راحل‌های اساسی و مفید در راستای تأمین امنیت غذایی و پایداری در تولید مطلوب می‌باشد. همچنین این رقم با کاربرد بالاترین مقدار کود دامی و در تراکم 40 بوته در مترمربع نیز بالاترین سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی را دارا بود. بنابراین، رقم گلی برای کشت در شرایط آب و هوایی مشهد قابل توصیه است.

منابع

Al-Ramamneh, E.A.D.M. 2009. Plant growth strategies of *Thymus vulgaris* L. in response to population density. Industrial Crops and Products 30: 389-394.

Alam, M.S., Cui, Z.J., Yamagishi, T., and Ishii, R. 2001. Grain yield and related physiological characteristics of rice plants (*Oryza sativa* L.) inoculated with free-living rhizobacteria. Plant Production Science 4: 126-130.

Amini, R.A., and Fateh, E. 2011. Effect of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) on growth indices and yield of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 20: 100-124. (In Persian with English Summary)

Andrade, F.H., Calvino, P.A., Ciriloc, A., and Barbieria, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. Agronomy Journal 94: 975-980.

Anis, R., Wells, R., and Thomas, G. 2001. Reproductive allocation of Virginia-type peanut cultivars bred for yield in North Carolina. Crop Science 41: 72-77.

Arancon, N., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Aroiee, H., and Omidbaigi, R. 2004. Effects of nitrogen fertilizer on productivity of medicinal pumpkin. Acta Horticulturae 629: 415-419.

Asadi Rahmani, H., Afshar, M., Khavazi, K., Nourgholipour, F., and Otadi, A. 2005. Effect of Common bean nodulating rhizobia native to Iranian soils on the yield and quality of bean. Journal of Water and Soil 19(2): 215-223. (In Persian with English Summary)

Asghari, J., Zareei, B., and Barzegari, M. 2006. Effect of plant density and planting pattern on growth parameters and yield of two promising corn hybrids (*Zea mays* L.). Journal of Agriculture Science Technology 20: 123-133. (In Persian with Persian Summary)

Babaeian, M., Javaheri, M., and Asgharzade, A. 2012. Effect of row spacing and sowing date on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). African Journal of Microbiology Research 6(20): 4340-4343.

Bagheri, A., Mahmoudi, A., and Ghezeli, F. 2001. Common Bean: Research for Crop Improvement. Jihad Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran 556 pp. (In Persian)

Bredemeier, C. 2005. Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD thesis. Technical University of Munich, Germany 219 pp.

Bourd, J. 2001 Reduce Logding for soybean low plant population is related to light quality. Crop Science 41: 379-384.

Bovetchko, S.M., and Tewaris, J.P. 2009. Root colonization of different hosts by the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus dimorphicum*. Plant and Soil 129: 131-136.

Conley, P.S., Binning, L.K., Boerboom, C.M., and Stoltenberg, D.E. 2002. Estimating giant foxtail cohort productivity in soybean based on weed density, leaf area, or volume. Weed Science 50: 72-78.

Deka, B.H.P., and Dileep, K.B.S. 2002. Plant disease suppression and growth promotion by a fluorescent Pseudomonas strain. Folia Microbiology 47: 137-143.

Dorri, H.R. 2008. Bean Agronomy. Publication Series of Research Center of Bean, Khomein, Iran 46 pp. (In Persian)

Enyi, B.A.C. 2007. Effect of plant population on growth and yield of soybean. The Journal of Agricultural Science, Cambridge 18: 131-138.

Fallah, S., Ehsanzadeh, P., and Daneshvar, M. 2005. Grain yield and yield components in three chickpea genotypes under dryland conditions with and without supplementary irrigation at different plant densities in Khorram-Abad, Lorestan. Iranian Journal of Agriculture Science 36(3): 719-731. (In Persian with English Summary)

FAO. 2013. FAO Hunger map. (www.fao.org)

Faraji, H., Gholizadeh, S., Owliaiee, H.R., and Azimi Gandomani, M. 2010. Effect of plant density on grain yield of three spotted bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars in Yasouj condition. Iranian Journal of Pulses Research 1(1): 43-50. (In Persian with English Summary)

Gandjali, A., Malekzadeh, S., and Bagheri, A.R. 2000. Effect of plant population density and planting pattern on trend of growth indices of chickpea (*Cicer arientium* L.) in Neishabour region. Agriculture Science Technology 14(2): 33-41. (In Persian with English Summary)

Ghanbari-Bonjar, A., and Lee, H.C. 2003. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as whole-crop forage: effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58: 28-36.

Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting chickpea in dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science 2(3): 63-72. (In Persian with English Summary)

Golchin, A., Mousavi, S.F., Ghasemi Golezani, K., and Saba, J. 2008. Relationship between plant density and grain yield of three pinto bean cultivars at different sowing dates. Journal of Agricultural Science 18(1): 101-117. (In Persian with English Summary)

Golchin, A., Mousavi, S.F., Ghasemi Golezani, K., and Saba, J. 2008. Relationship between plant density and grain yield of three pinto bean cultivars at different sowing dates. Journal of Agricultural Science 18(1): 101-117. (In Persian with English Summary)

Jalilian, J., Modarres Sanavy, S.A.M., and Sabaghpour, S.H. 2005. Effect of plant density and supplementary irrigation on yield, yield components and protein content of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under dry land condition. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 12(5): 1-9. (In Persian with English Summary)

Hodges, T., and Kanemasu, E.T. 2000. Modeling daily dry matter production of winter wheat. Agronomy Journal 69: 674-678.

Holshouser, D.L., and Whittaker, J.P. 2002. Plant population and row spacing effects on early soybean instruction emission agronomy. Agronomy Journal 94: 603-611.

Isik, M., Tekeoglu, M., Onceler, Z., and Cakir, S. 2001. The effect of plant population density on dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Anatolia Agriculture Research Institute. Available in: //tagem.gov.tr\eng\projelers97/21.html

Kahrarian, B., and Fatemi, R. 2005. The effect of row spacing and planting space on the grain yield in white bean cv. Daneshkadeh. Iranian Journal of Crop Science 6(4): 438-440. (In Persian with English Summary)

Karimi, M.M., and Siddique, K.H. 2000; Crop growth and relative growth rate of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agricultural Research 42: 13-20.

Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad-Abadi, A.A., and Mahdavi Damghani, A. 2009. Performance of

saffron (*Crocus sativus* L.) under different planting patterns and high corm density. 3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. 20-23 May, Korokos, Kozani, Greece.

Lopez-Billido, F.J., Lopez- Billido, R.J., Khalil, S.K., and Lopez-Billido, L. 2008. Effect of planting date on winter Kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean condition. Agronomy Journal 100: 957- 967.

Madani, H., Shirzadi, M.H., and Darini, F. 2008. Effect of plant density on yield and yield components of vigna and tepary local beans germplasm in Jiroft, Iran. New Findings in Agriculture 3(1): 93-104. (In Persian with English Summary)

Mal, A.L., and Patidar, M. 2004. Effect of farmyard manure, fertility levels and bio-fertilizers on growth, yield and quality of sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal of Agronomy 49: 117-120.

Malakoti, M. 2005. Constant agronomy and enhance yield by optimum use of fertilizer in Iran. Instruction Emission Agronomy. (In Persian)

Malik, V.S., Swanton, C., and Michaels, T.E. 1993. Interference of white bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars, row spacing and seeding density with annual weeds. Weed Science 41: 62-68.

Mazaheri, M., and Chghakhor, A. 2011. Effect of plant density and row spacing on some morphological characteristics, yield and protein content of two chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agronomy Science 6: 97-107. (In Persian with English Summary)

Mishra, A., Prasad, K., and Rai, G. 2010. Effect of biofertilizer inoculations on growth and yield of dwarf field pea (*Pisum sativum* L.) in conjunction with different dose of chemical fertilizers. Journal of Agronomy 9(4): 163-168.

Mohamadian, M., Rezvani Moghaddam, P., Zarghani, H., and Yanegh, A. 2013. Study the effect of intercropping of three sesame genotypes on morphological and physiological indices. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 421-429. (In Persian with Persian Summary)

Moeini, M.R., Nazarkakhki, H., Razazi, A., and Kamel Shikharjeh, M. 2009. Survey of yield and yield component in three common bean cultivars in cropping pattern. Journal of Agrisearch 1(2): 78-92. (In Persian with English Summary)

Moaveni, P., Aliabadi Farahani, H., and Maroufi, K. 2011. Effects of sowing date and planting density on quantity and quality features in thyme (*Thymus vulgaris* L.). Advances in Environmental 5(7): 1706-1710.

Naseri, R., Rahimi, M.J., Siyadat, S.A., and Mirzaei, A. 2015. The effects of supplementary irrigation and different plant densities on morphological traits, yield and its components and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Sirvan region in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 78-91. (In Persian with English Summary)

Ngouajio, M., McGiffen, J.M.E., and Hembree, K.J. 2001. Tolerance of (*Phaseolus vulgaris*) cultivar to velvetleaf interference. Weed Science 49: 91-98.

Ni, H., Moody, K., Robles, R.P., Paller, J.C.E., and Lales, J.S. 2000. Bean (*Phaseolus vulgaris*) plant traits conferring competitive ability against weeds. Weed Science 48: 200-204.

Ouzuni Douji, A.A., Esfahani, M., Samizadeh Lahiji, H.A., and Rabiei, M. 2008. Effect of planting pattern and plant density on growth indices and radiation use efficiency of apetalous flowers and petalled flowers rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iran. Journal of Crop Science 9: 400-328. (In Persian with Persian Summary)

Parsa, M., and Bagheri, A. 2008. Pulses. Mashhad University Press, Mashhad, Iran 523 pp. (In Persian)

Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., and Raeii, Y. 2011. Evaluation of different plant densities effects on rate and process of grain filling, yield and yield components in varieties of dry bean. Journal of Plant Production 18(1): 69-87. (In Persian with English Summary)

Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Ghorttapeh, A., and Raeii, Y. 2011. Evaluation of different plant densities effects on rate and process of grain filling, yield and yield components in varieties of dry bean. Journal of Plant Production 18(1): 69-87. (In Persian with English Summary)

Powelson, A., Udy, R.I., and Peachy Manath, D. 1999. Row spacing effect on while mold and snap bean yield. Horticulture Weed Control 8: 220-227.

Qin, T.C., and li, Z.G. 2002. Studies of inheritance of kemal growth characters and their relation to giel characters maize. Acta Agronomical Sinica 17(3): 183-191

Rabiee, M., and Jilani, M. 2010. Effect of row spacing and seed rate on yield and yield component of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars in Guilan province. Iranian Journal of Pulses Research 6(1): 9-20. (In Persian with English Summary)

Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of

chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplementary irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25: 1080-1095. (In Persian with English Summary)

Rosalind, A.B., Purcell, L.C., and Vories, E.D. 2000. Short season soybean yield compensation in response to population and water regime. Crop Science 40: 1070-1078.

Saindon, G., Huang, G., and Kozub, H.C. 1995. White-mold avoidance and agronomic attributes of upright common beans growth at multiple planting densities in narrow rows. Journal of the American Society for Horticultural Science 120: 843-853.

Shahraki, M., Dahmarede, M., Khamari, E., and Asgharzade, A. 2016. Effects of Azotobacter and Azospirillum and Levels of Manure on Quantitative and Qualitative Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 8(1): 59-69. (In Persian with English Summary)

Shukla, K.N., and Dixit, R.S. 2000. Nutrient and plant population management in summer gram. Indian Journal of Agronomy 41: 78-83.

Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D. 2003. Effect of organic and inorganic amendment on growth and nutrient accumulation by isabgol (*Plantago ovata*) in sodic soil under greenhouse conditions. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 414-421.

Sirait, Y., Pill, W.G., and Kee, W.E. 2002. Lima bean (*Phaseolus vulgaris* L.) response to irrigation and plant population densities. Horticultural Science 29(2): 71-73.

Soltani, N., and Sikkema, P. 2005. White bean (*Phaseolus vulgaris*) tolerance to preplant- incorporated herbicides. Weed Biology and Management 5: 35-38.

Steinmaus, S.J., and Norris, R.F. 2002. Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. Weed Science 50: 42-53.

Talei, A., and Sayadian, K. 2000. Effect of supplementary irrigation and nutrition requirement of chickpea in dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science 2(3): 63-72. (In Persian with English Summary)

Tharp, B.E., and Kells, J. 2001. Effect of glufosinate-resistant corn (*Zea mays* L.) population and row spacing on light interception, corn yield, and common lambsquarters (*Chenopodium album* L.) growth. Weed Technology 15: 413-418.

Tomati, U., Grappelli, A., and Gall, E. 1987. The hormone-like effect of earthworm casts on plant growth. Biology and Fertility of Soils 5: 288-294.

Torabi Jafroudi, A., Hasanzadeh, A.A., and Fayaz moghadam, A. 2007. Effect of plant population on some morph physiological characteristics of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 20(1): 63-71. (In Persian with English Summary)

Troeh, Z.I., and Loynachan, T.E. 2003. Endomycorrhozal fungal survival in continuous corn, soybean, and fallow. Agronomy Journal 95: 224-230.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571- 586.

Wilson, R.G., Wick, G.A., and Fenster, C.R. 2008. Weed control in field beans (*Phaseolus vulgaris*) in Western Nebraska. Weed Science 28: 295-299.

Wolf, D., Henderson, W., Chsiao, D.W., and Alvino, A. 2008. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration nitrogen distribution, and yield. Agronomy Journal 80: 859-864.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 296-317

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 317-296

Effects of Plant Density and Cow Manure Levels on Growth Criteria of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Mashhad Climatic Conditions

R. Ahmadzadeh Ghavidel[1], G.A. Asadi[2*], M.T. Naseri Pour Yazdi[3], R. Ghorbani[4] and S. Khorramdel[3]
Submitted: 10-11-2015
Accepted: 26-01-2016

Ahmadzadeh Ghavidel, R., Asadi, G.A., Naseri Pour Yazdi, M.T., Ghorbani, R., and Khorramdel, S. 2016. Effects of Plant Density and Cow Manure Levels on Growth Criteria of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Mashhad Climatic Conditions. Journal of Agroecology 8(2): 296-317.

Introduction

In common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), plant density can affect canopy architecture, light conversion efficiency, duration of vegetative growth, dry matter production, seed yield and ultimately, the economic productivity of a crop. Therefore, optimizing plant density, which may be defined by both the number of plants per unit area and the arrangement of plants on the ground, is a pre-requisite for obtaining higher productivity of common bean. Therefore, varying plant density may be a viable alternative to manipulate the productivity of bean under different environmental conditions through their changes in physiological processes. Moeinit et al. (2009) reported the increase in common bean seed yield with the increase in plant density. Another important factor determining growth indices is manure. Integrated supply of nutrient to plants through planned combinations of organic and inorganic sources is becoming an increasingly important aspect of environmentally sound agriculture.

Materials and methods

In order to study the effects of plant density and cow manure levels on four common bean cultivars an experiment was conducted as a factorial arrangement based on complete randomized block design with three replications at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, during two growing seasons of 2011-2012 and 2013-2014. The experimental treatments were plant density in three levels (13.13, 20 and 40 plants.m^{-2}), three cow manure levels (0, 15 and 30 kg.ha^{-1}) and four common bean cultivars (Gholi, Akhtar, Naz and D-81083). All common bean plants were harvested by cutting at the soil surface. Dry matter (DM), leaf area index (LAI), crop growth rate (CGR), relative growth rate (RGR), net assimilation rate (NAR) were measured and calculated accordingly. Plants were then divided into leaf and stem. The areas of green leaves were measured using a Delta-T leaf area meter. The leaf area data was divided to ground area and the LAI was obtained. The LAI data was fitted to the Gaussian equation to predict the LAI of common bean in growth season.

The sigmoid equation was fitted to the TDM data and by derivation from this equation, the CGR and RGR were obtained (Steinmaus and Norris, 2002).

The regression analysis was performed by SAS 9.1 and the graphs were prepared by Excel.

Results and discussion

The results showed that during the days after planting in all treatments, LAI first increased until 56 days after planting and then it had a descending trend. The highest slope of leaf area increase is related to plant density (40 plants.m^{-2}). Although, decreasing plant density from 40 plants.m^{-2} to 13.13 decreased LAI 29%. The maximum of LAI was obtained in cow manure (30 t.ha^{-1}) (2.57). Goli with 2.61 had the greatest LAI. CGR first increased slightly and then increased more quickly until 56 days after planting, then decreased with a sharp slope. The lowest RGR was belonged to 13.13 plant.m^{-2} density, 0 t.ha^{-1}cow manure and Akhtar cultivar) (with 8.32 g.m^{-2}.day, 7.90 g.m^{-2}.day and 4.26 g.m^{-2}.day, respectively). RGR decreased as the plant age increased so that at the end of growth season RGR was close to zero. At the beginning of growth stage, due to more penetration of light into the canopy and less shadow of the leaves on each other and the less respiration, RGR is more and its reduction slope is less. Plant density with 40 plants.m^{-2} shows the highest primary RGR and the plant density with 3.13 plants.m^{-2} shows the lowest one. The highest RGR in the 56th day has been related to 30 t.ha^{-1}cow manure.

Conclusion

1, 2, 3 and 4- PhD Student in Agroecology, Associate Professor, Assistant Professor and Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: asadi@um.ac.ir)

We can conclude that indeterminate common bean cultivars such as Goli and Naz showed the greatest growth rate and these findings indicate that the common bean crop has the ability to alter plant size and canopy structure in response to changes in plant density. These strategies can be used as cultural methods to reduce the competitive ability of weeds and maintain common bean growth at acceptable levels. However, there is a need to evaluate numerous common bean cultivars in different locations and years to find cultivars with high competitive ability and stability in yield.

Acknowledgments

The authors acknowledge the financial support of the project by Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Keywords: Competitive ability, Dry matter, Leaf area index, Relative growth rate

References

Moeini, M.R., Nazarkakhki, H., Razazi, A., and Kamel Shikharjeh, M. 2009. Survey of yield and yield component in three common bean cultivars in cropping pattern. Journal of Agrisearch 1(2): 78-92. (In Persian with English Summary)

Steinmaus, S.J., and Norris, R.F. 2002. Growth analysis and canopy architecture of velvetleaf grown under light conditions representative of irrigated Mediterranean-type agroecosystems. Weed Science 50: 42-53.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 2, Summer 2016, p. 318-328

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 2، تابستان 1395، ص. 328-318

بررسی توانایی چند گیاه دارویی در کنترل قارچ‌های عامل پوسیدگی انباری (*Rhizopus nigricans* و *Alternaria alternate*) در گوجه‌فرنگی‌های تولید شده در سامانه‌های کشاورزی رایج و زیستی

سید محمد سیدی[1] و پرویز رضوانی مقدم[2*]

تاریخ دریافت: 1391/06/01
تاریخ پذیرش: 1394/08/20

سیدی، س.م.، و رضوانی مقدم، پ. 1395. بررسی توانایی چند گیاه دارویی در کنترل قارچ‌های عامل پوسیدگی انباری (*Rhizopus nigricans* و *Alternaria alternate*) در گوجه‌فرنگی‌های تولید شده در سامانه‌های کشاورزی رایج و زیستی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(2): 329-319.

چکیده

بیماری پوسیدگی ریزوپوسی و نقطه سیاه از مهم‌ترین بیماری‌های انباری در گوجه‌فرنگی می‌باشند. به منظور بررسی توانایی چند گیاه دارویی بر ماندگاری و کنترل قارچ‌های عامل پوسیدگی انباری (*Rhizopus nigricans* و *Alternaria alternate*) در گوجه‌فرنگی‌های تولید شده در سامانه‌های کشاورزی رایج و زیستی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با 14 تیمار و سه تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1389 اجرا شد. دو سامانه تولید شامل گوجه‌فرنگی رایج و زیستی (ارگانیک) و شش گونه گیاهی (آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، پونه (*Mentha pulegium* L.)، نعناع‌فلفلی (*Mentha piperita* L.)، اکالیپتوس (*Eucalyptus globules* L.)، کرچک (*Ricinus communis* L.) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicom esculentum* Mill.)) به همراه تیمار شاهد به ترتیب عامل اول و دوم در این آزمایش بودند. بر اساس نتایج آزمون غیر-پارامتری کروسکال– والیس، تفاوت معنی‌داری بین سامانه‌های تولید گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک با نوع غیرارگانیک آن از نظر سرعت پوسیدگی انباری ناشی از رشد قارچ‌های بیماری‌زا مشاهده شد. به طوری‌که در گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک، سرعت پوسیدگی (1/47 عدد میوه در هفته) تا حدود 20 درصد کمتر از نوع غیرارگانیک آن بود. نتایج حاصل از آنالیز غیرپارامتری گونه‌های گیاهی نیز حاکی از وجود تفاوت بین این گونه‌ها از نظر تأثیر بر سرعت پوسیدگی انباری در گوجه‌فرنگی بود؛ به طوری‌که به جز کرچک و گوجه‌فرنگی، سایر گیاهان دارویی منجر به کاهش معنی‌دار سرعت رشد و توسعه قارچ‌های بیماری‌زا در انبار شدند.

واژه‌های کلیدی: اکالیپتوس، آویشن، پونه، سرعت پوسیدگی، کرچک

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Lycopersicom esculentum* Mill.) به لحاظ ارزش اقتصادی، دومین سبزی مهم در دنیا می‌باشد (Mazaheri Tehrani et al., 2007). این گیاه 28/7 درصد از کل سطح زیر کشت سبزیجات در ایران را به خود اختصاص می‌دهد. در طی سال-های 1374 تا 1389، تولید گوجه‌فرنگی در ایران از 2/4 میلیون تن به حدود 5/7 میلیون تن رسیده است (Statistical Report of Agriculture, 2011). با این وجود، ایران با دارا بودن 14 درصد سطح زیر کشت جهانی، تنها حدود 3/4 درصد از کل تولید جهانی گوجه‌فرنگی را به خود اختصاص داده است. پایین بودن عملکرد در واحد سطح در کنار نامناسب بودن شرایط برداشت، بسته‌بندی و نگه-داری، از مهم‌ترین عوامل در کاهش تولید و میزان بالای ضایعات این محصول در کشور می‌باشد (Mazaheri Tehrani et al., 2007).

شرایط و طول دوره انبارداری نقش بسیار مهمی در افزایش نگه-داری محصولات زراعی- باغی مانند گوجه‌فرنگی و کاهش ضایعات آن داشته و می‌تواند کیفیت این محصولات را مستقیماً تحت تأثیر

1 و 2- به ترتیب دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

قرار دهد (Sherafati et al., 2009; Tzortzakis et al., 2008). در این ارتباط حفظ کیفیت میوه گوجه‌فرنگی مانند سفتی و میزان ماده خشک، رنگ و طعم میوه و نیز کنترل عوامل پوسیدگی، از مهم‌ترین اهداف عملیات پس از برداشت در این گیاه می‌باشد (Feng & Zheng, 2006; Mazaheri Tehrani et al., 2007). از جمله عوامل ضدکیفیت در محصول گوجه‌فرنگی، قارچ‌های *Rhizopus stolonifer*، *Rhizopus nigricans* Ehrenb. و *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keissl. f. sp. *lycopersici* به عنوان عوامل بیماری پوسیدگی در میوه‌ها بوده که می‌توانند کیفیت، استحکام و سفتی میوه‌های این گیاه را تحت تأثیر قرار دهند (Zhao et al., 2008; Zhao et al., 2011). قارچ *R.nigricans* ساپروفیت بوده که به طور طبیعی در خاک، بقایای گیاهان گوجه‌فرنگی و یا سایر گیاهان به رشد خود ادامه می‌دهد. این قارچ که عامل پوسیدگی ریزوپوسی[1] می‌باشد، تا زمان رسیدن میوه‌های گوجه‌فرنگی به حالت خفته بوده و پس از برداشت میوه‌ها به آسانی و به سرعت در انبار توسعه می‌یابد (Behnamian & Masiha, 2002; Fan et al., 2008; Zhao et al., 2011). *A.alternate* نیز قارچی پاتوژن- ساپروفیت[2] و عامل پوسیدگی نقطه سیاه[3] در گوجه‌فرنگی می‌باشد که می‌تواند پس از برداشت، به سرعت میوه‌های این گیاه را آلوده کند (Jones et al., 1991; Wang et al., 2008). در این ارتباط شرافتی و همکاران (Sherafati et al., 2009) گزارش کردند که کنترل عامل پوسیدگی قارچی گوجه‌فرنگی در انبار نقش مؤثری در جلوگیری از کاهش وزن و نیز بهبود خصوصیات کیفی در میوه‌های این گیاه مانند میزان ویتامین ث و فنل کل دارد.

در سال‌های اخیر به دلیل بروز برخی مشکلات و تهدیدهای ناشی از مصرف سموم و قارچ‌کش‌های شیمیایی در سامانه‌های کشاورزی، به کارگیری راه‌های قابل جایگزین و بیولوژیک در کنترل مؤثر ضایعات انباری و سردخانه‌ای که بخش قابل توجهی از ضایعات محصولات کشاورزی را تشکیل می‌دهند، ضروری بوده و مورد توجه قرار گرفته است (Troncoso-Rojas et al., 2005; Alikhani et al., 2009). استفاده از اثرات ضدقارچی، ضدباکتریایی و نیز آنتی‌اکسیدانتی متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی به منظور کنترل عوامل بیماری‌زا، از جمله این راه‌کارها بوده و به طور ویژه مورد مطالعه و بررسی می‌باشد (Feng & Zheng, 2007; Abdolmaleki et al., 2011; Teixeira et al., 2012).

آویشن (*Thymus vulgaris* L.)، پونه (*Mentha pulegium* L.) و نعناع‌فلفلی (*Mentha piperita* L.)، از جمله گیاهان دارویی متعلق به خانواده نعناعیان[4] بوده که در کنترل عوامل بیماری‌زای میکروبی و قارچی مؤثر شناخته شده‌اند. در این ارتباط فنگ و ژنگ (Feng & Zheng, 2007) نقش مؤثر اسانس‌های آویشن را در کاهش جوانه‌زنی اسپورها و رشد عامل پوسیدگی قارچی در گوجه‌فرنگی مشاهده کردند. علی‌خانی و همکاران (Alikhani et al., 2009) نیز گزارش کردند که استفاده از اسانس آویشن در طول دوره انبارداری توت‌فرنگی (*Fragaria ananasa* L.) ضمن کاهش معنی‌دار میزان فساد، موجب حفظ سفتی و افزایش مواد جامد محلول میوه در هر مرحله از انبارداری نسبت به تیمار شاهد شد. عبدالمالکی و همکاران (Abdolmaleki et al., 2011) با اشاره به نعناع‌فلفلی به عنوان گیاهی با خواص آنتی‌اکسیدانتی، ضدقارچ و ضدمیکروبی، گزارش کردند که عصاره آبی این گیاه نقش مؤثری در کنترل رشد قارچ‌های بیماری‌زای گیاهی مانند *Phytophthora drechsleri* و *Bipolaris sorokiniana* داشت. هم‌چنین توانایی استفاده از گیاه پونه نیز به دلیل خواص ضدمیکروبی، آنتی‌اکسیدان و به عنوان جایگزین مواد نگهدارنده شیمیایی مورد تأکید قرار گرفته است (Teixeira et al., 2012; Mahboubi & Haghi, 2008).

اکالیپتوس (*Eucalyptus globules* L.) از خانواده میرتاسه[5] نیز یکی از معروف‌ترین گونه‌های درختی و دارویی است که از دیرباز اثرات ضدمیکروبی و دارویی آن مورد توجه بوده است. این گیاه منبع غنی از پلی‌فنل‌ها و ترپنوئیدها بوده و دارای خواص آنتی‌اکسیدانتی و ضدقارچی می‌باشد (Sattari et al., 2006; Mahboubi & Feyzabadi, 2009). علاوه بر گیاهان ذکر شده، کرچک (*Ricinus communis* L.) از خانواده فرفیون[6] نیز گیاهی دارویی بوده که از پتانسیل بالایی در تولید علف‌کش‌های زیستی برخوردار است (Mohsenzadeh et al., 2008). ریسین[7] که یکی از مهم‌ترین سموم گیاهی است، از جمله ترکیبات شناخته شده در این گیاه می‌باشد

1- Rhizopus rot
2- Saprophytic pathogen (facultative saprophyte)
3- Black spot rot

4- Lamiaceae
5- Myrtaceae
6- Euphorbiaceae
7- Ricin

(Doan, 2004; Aslani et al., 2007).

توسعه سامانه‌های کشاورزی زیستی[1] در دهه‌های اخیر بـا ایجـاد محدودیت‌های شدید در به کارگیری نهاده‌های شیمیایی و یا سنتزی، علاوه بر کاهش آلودگی‌هـای زیسـت‌محیطی، در گسـترش امنیـت غـذایی نقـش مـؤثری داشـتند (Rodrigues et al., 2006). ایـن سامانه‌های تولید که از نظر منابع تأمین‌کننده و نیـز اسـتراتژی‌هـای مدیریتی عناصر غذایی، برگرفته شده از بوم‌نظام‌های طبیعی می‌باشند، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با نظام‌های رایجی دارند که از کودهـای شیمیایی جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز رشد گیاهـان اسـتفاده می‌کنند (Dawson et al., 2008). در این راستا، قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2008) بهبود عملکرد و هم‌چنین افزایش معنی-دار توان ماندگاری میوه گوجـه‌فرنگـی در انبـار را در نتیجـه کـاربرد کودهای آلی در یک نظام اکولوژیـک در مقایسـه بـا کـود شـیمیایی مشاهده کردند.

بر اساس موارد ذکر شده، این مطالعه با هدف بررسی توانایی چند گیاه دارویی در کنترل قارچهای عامل پوسیدگی ریزوپوسـی و نقطـه سیاه و نیز افزایش عمر نگهداری گوجـه‌فرنگـی‌هـای تولیـد شـده در سامانه‌های کشاورزی رایج و زیستی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و 14 تیمار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشـهد در سال 1389 انجام شد. دو سامانه تولید گوجه‌فرنگی (رایج و زیستی (ارگانیک)) و شش گونه گیاهی (آویشن، پونه، نعناع‌فلفلی، اکالیپتوس، کرچک و گوجه‌فرنگی) به همراه تیمار شاهد، به ترتیب عامـل اول و دوم در این آزمایش بودند.

میوه‌های گوجه‌فرنگی ارگانیک از طرح تحقیقـاتی اجـرا شـده در مزرعه دانشگاه فردوسی مشهد تهیه شدند. به طوری‌که در اجرای این طرح و نیز در طرح قبلی پیش از آن، از هیچ‌گونه کود شیمیایی، علف-کش و یا آفت‌کش شیمیایی (ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدویروسی) استفاده نشده بود. نمونه‌های گوجه‌فرنگی غیرارگانیک نیـز از مزرعـه ذکر شده تهیه گردید. با توجه به درصد سفتی بالاتر و در نتیجه وزن بیشتر میوه در گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک در مقایسه با نوع غیرارگانیک آن، میوه‌هایی با اندازه مساوی (قطر بین 6 تا 6/5 سانتی‌متر) و کاملاً سالم از هر دو نوع ارگانیک و غیرارگانیک از بین گوجـه‌فرنگـی‌هـای تولیدی انتخاب و به تعـداد 12 عـدد گوجـه‌فرنگـی بـرای هـر واحـد آزمایشی درون پاکت‌های مقوایی قرار داده شدند.

با در نظر گرفتن جنبه‌های کاربردی، به جای استفاده از اسانس و یا عصاره آبی، از اندام‌های سبز گیاهان دارویی آویشن، پونه و نعناع-فلفلی (شامل ساقه و برگ) و همچنین برگ‌های اکالیپتوس و کرچک استفاده گردید. نمونه‌های گیاهی ذکر شـده از بـاغ گیاهـان دارویـی دانشگاه فردوسی مشهد و برگ‌های گوجه‌فرنگی از نوع ارگانیک تهیه شدند. انتخاب گوجه‌فرنگی نیز به دلیل وجود اثـرات آنتـی‌اکسـیدانی قوی در برگ‌های این گیاه صورت گرفت (Shirzad et al., 2009). بر اساس تیمارهای آزمایش، نمونه‌های گیاهی ذکر شده (ساقه و برگ آویشن، پونه و نعناع‌فلفلی و برگ‌های اکالیپتوس، کرچـک و گوجـه-فرنگی) به میزان 50 گرم وزن‌تر (جهـت حفـظ و پایـداری ترکیبـات مؤثر) در پاکت‌های مقوایی (که پیشـتر جهـت از بـین بـردن عوامـل بیماری‌زا، به مدت 48 ساعت در دمای 75 درجه سانتی‌گراد آون قرار گرفته بود) حاوی میوه‌های گوجه‌فرنگی قرار داده شدند. این پاکت‌ها پس از بسته‌بندی به سردخانه تحقیقـاتی دانشـگاه فردوسـی مشـهد منتقل و تا زمان پوسیدگی و فساد کامل تمامی میوه‌ها، در دمای چهار درجه و با رطوبت نسبی 80 - 70 درصد نگهداری شدند.

با مشاهده علائم هر دو بیمـاری پوسـیدگی قـارچی *ریزوپوسـی* (*Rhizopus nigricans*) و نقطـه سـیاه (*Alternaria alternata*) گوجه‌فرنگی، میوه‌های این گیاه در هر هفته و بر حسب شدت علائم بیماری (جدول 1) تقسیم و تعداد آن‌ها بر حسب درجه‌بندی ذکر شده شمارش گردید. به دلیل فساد و پوسیدگی بالای میوه‌های درجه پنج، این میوه‌ها در هر مرحله انبارداری از پاکت مربوطه حـذف شـدند. در طول اجرای آزمایش، علاوه بر بیماری پوسیدگی قارچی، آبکی شدن و لهیدگی میوه‌ها نیز به تعداد کم مشاهده شد که بر حسب شدت فساد، در درجه‌بندی‌های ذکر شده قرار گرفتند.

با مشاهده عوامل بیماری‌زای پوسیدگی قارچی و درجه‌بندی شدت آلودگی، سرعت پوسیدگی[2] بر اساس معادله زیر محاسبه گردید:

$$\mathrm{Rr} = \sum_{i=1}^{n} \frac{ni}{di} \qquad (1)$$

1- Bioagricultural systems

2- Rot rate

جدول 1- درجه‌بندی بیماری پوسیدگی انباری در میوه گوجه‌فرنگی
Table 1- The grading of post-harvest tomato disease

درجه آلودگی Disease grade	آلودگی انباری گوجه‌فرنگی Postharvest tomato disease
درجه یک First - grade	فاقد بیماری No disease
درجه دو Second - grade	مشاهده بسیار جزئی علائم بیماری در میوه‌ها The observed of very low disease sign in fruits
درجه سه Third - grade	مشاهده جزئی علائم بیماری، آبکی شدن و لهیدگی جزئی میوه‌ها The observed of low disease sign in fruits, low watery fruits
درجه چهار Fourth - grade	مشاهده علائم بیماری در یک سوم سطح میوه‌ها، آبکی شدن و لهیدگی متوسط میوه‌ها The observed ofdisease sign in one third of surface fruits, moderate watery fruits
درجه پنج Fifth - grade	مشاهده علائم بیماری در بیش از یک سوم سطح میوه‌ها، آبکی شدن و لهیدگی شدید میوه‌ها The observed ofdisease sign more than one third of surface fruits, high watery fruits

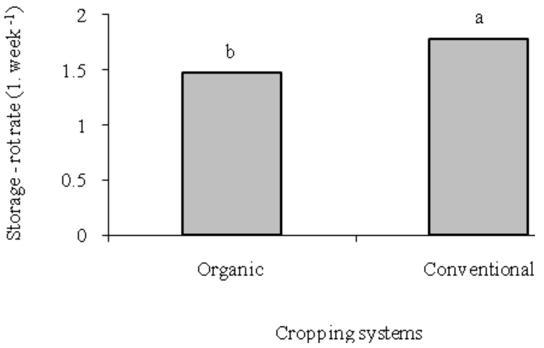
در این معادله، Rr: سرعت پوسیدگی و حذف میوه‌های گوجه‌فرنگی، n_i: تعداد میوه‌های حذف شده در اولین روز شمارش، n_n: تعداد میوه‌های حذف شده در آخرین روز شمارش، d_i: اولین روز شمارش، d_n : آخرین روز شمارش. فواصل بین مشاهدات تا زمان پوسیدگی و حذف تمامی میوه‌ها، هفت روز تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از مشاهدات در آزمایش با استفاده از آزمون غیرپارامتری کروسکال– والیس[1] و توسط نرم‌افزار Minitab 13 صورت گرفت. جهت ترسیم نمودارها نیز از نرم‌افزار MS-Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر سامانه‌های تولید گوجه‌فرنگی

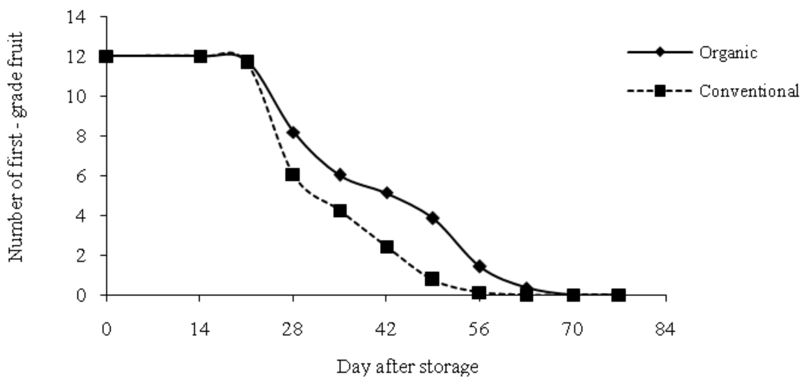
بر اساس نتایج آزمون غیرپارامتری، تفاوت معنی‌داری بین سامانه‌های تولید گوجه‌فرنگی ارگانیک (z= -3/11) با نوع غیرارگانیک آن از نظر سرعت پوسیدگی انباری ناشی از رشد قارچ‌های بیماری‌زا (*R.nigricans* و *A.alternata*) مشاهده شد. به طوری‌که در گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک، سرعت پوسیدگی (1/47 عدد میوه در هفته) تا حدود 20 درصد کمتر از نوع غیرارگانیک بود (شکل 1). در این ارتباط، قربانی و همکاران (Ghorbani et al., 2008) نیز ضمن مشاهده افزایش عملکرد و کاهش درصد میوه‌های آلوده و ناسالم گوجه‌فرنگی در نتیجه کاربرد کودهای آلی در یک نظام اکولوژیک، اظهار داشتند که تولید کمی و کیفی محصول در گوجه‌فرنگی و دوام میوه در انبار تحت تأثیر نهاده‌های تولید و به ویژه کودهای مصرفی قرار دارد. به طوری‌که حاصل‌خیزی خاک و کاربرد کودهای آلی می‌تواند اثرات قابل‌ملاحظه‌ای بر کیفیت محصول پس از برداشت و قابلیت نگه‌داری در انبار داشته باشد.



شکل 1- اثرات سامانه‌های تولید کشاورزی بر چگونگی سرعت پوسیدگی گوجه‌فرنگی در شرایط انبارداری
Fig. 1- Effect of cropping production systems on storage-rot rate of tomato

همچنین با وجود عدم تفاوت بین گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک با رایج تا 18 روز پس از انبارداری از نظر تعداد میوه‌های سالم (عدم مشاهده عوامل پوسیدگی انباری در تمامی میوه‌ها)، بررسی روند تعداد این میوه‌ها در طول دوره انبارداری نیز حاکی از برتری گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک در مقایسه با نوع غیرارگانیک آن در یک دوره زمانی 42 روزه (21 تا 63 روز پس از انبارداری) بود (شکل 2). به طوری‌که در 42 و 49 روز پس از انبارداری، تعداد گوجه‌فرنگی‌های سالم در نوع ارگانیک (به ترتیب 5/14 و 3/86 عدد) به ترتیب تا حدود دو و پنج برابر بیشتر از نوع غیرارگانیک آن بود (به ترتیب 2/43 و 0/76 عدد).

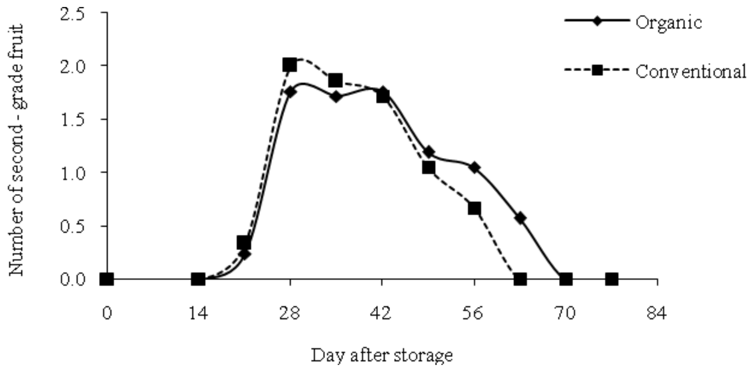
1- Kruskal- Wallis test



شکل 2- اثرات سامانه‌های تولید کشاورزی بر تعداد میوه‌های درجه یک گوجه‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 2- Effect of cropping production systems on number of first – grade fruits of tomato during storage

مشاهده روند تعداد میوه‌های درجه دو، سه و چهار گوجه‌فرنگی از نظر توسعه و رشد عوامل بیماری‌زای قارچی نیز حاکی از برتری گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک در مقایسه با نوع رایج آن از نظر کاهش سرعت پوسیدگی بود. همان‌طور که در شکل 3 مشاهده می‌شود، در هفته دوم تا ششم پس از انبارداری، تعداد میوه‌های درجه دو در نوع غیرارگانیک بیش‌تر از نوع ارگانیک بود. در حالی‌که از هفته ششم تا مراحل پایانی انبارداری (70 روز پس از انبارداری)، تعداد میوه‌های درجه دو در نوع ارگانیک بیشتر بود.

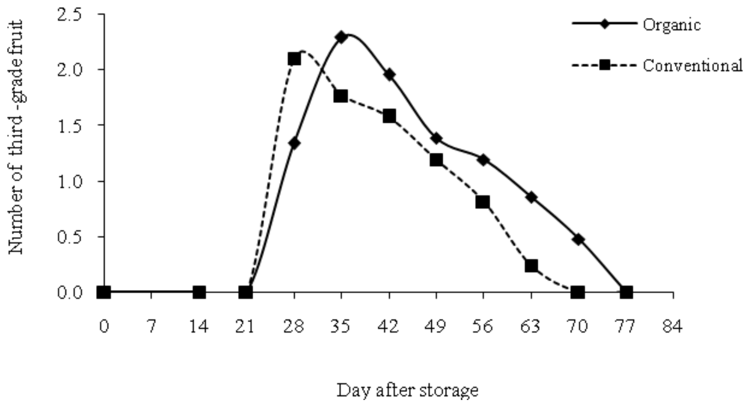


شکل 3- اثرات سامانه‌های تولید کشاورزی بر تعداد میوه‌های درجه دو گوجه‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 3- Effect of cropping production systems on number of second – grade fruits of tomato during storage

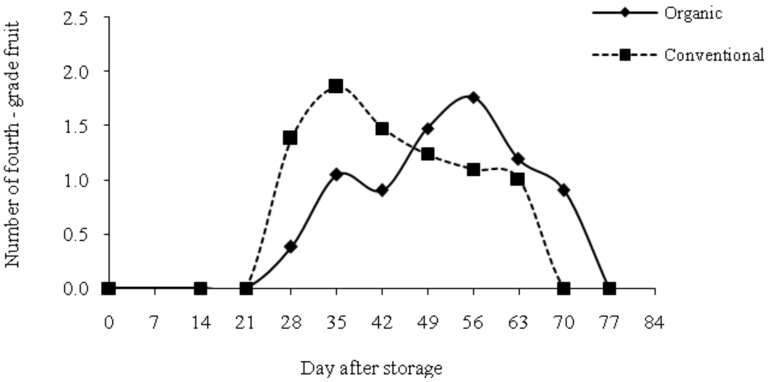
مشابه روند پوسیدگی میوه‌های درجه دو، در میوه‌های درجه سه و چهار نیز مشاهده گردید؛ به طوری‌که به ترتیب در یک دوره 30 و 46 روزه پس از انبارداری، تعداد میوه‌های درجه سه و چهار در نوع غیرارگانیک بیش‌تر از ارگانیک بود. در حالی‌که پس از پایان دوره‌های ذکر شده، روند مشاهدات حاکی از برتری گوجه‌فرنگی‌های ارگانیک از نظر درجه‌بندی تعداد میوه‌های ذکر شده بود (شکل‌های 4 و 5).

در طول هفته‌های ابتدایی انبارداری، کمتر بودن تعداد میوه‌های درجه دو تا درجه چهار در گوجه‌فرنگی ارگانیک در مقایسه با نوع غیرارگانیک آن می‌تواند نشان‌دهنده وجود تعداد بالای میوه‌های سالم (درجه یک) از کل تعداد میوه‌ها و در نتیجه کاهش سرعت رشد عوامل پوسیدگی انباری باشد. در حالی‌که در اواسط و مراحل پایانی انبارداری، بیشتر بودن تعداد میوه‌های درجه دو تا درجه چهار در گوجه‌فرنگی ارگانیک حاکی از پایین‌تر بودن تعداد گوجه‌فرنگی‌های حذف شده (درجه پنج) در نوع ارگانیک در مقایسه با نوع رایج آن می‌باشد.



شکل 4- اثرات سامانه‌های تولید کشاورزی بر تعداد میوه‌های درجه سه گوجه‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 4- Effect of cropping production systems on number of third – grade fruits of tomato during storage



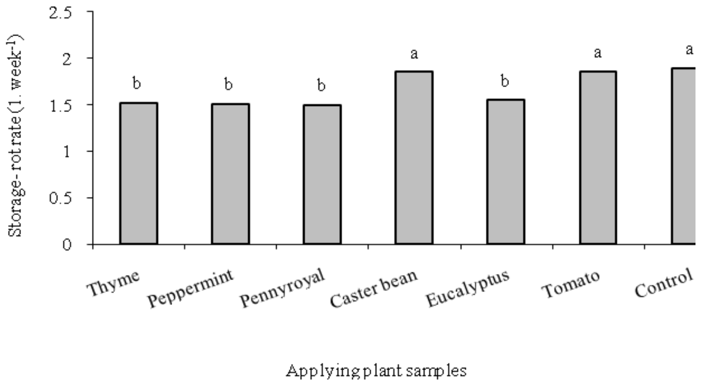
شکل 5- اثرات سامانه‌های تولید کشاورزی بر تعداد میوه‌های درجه چهار گوجه‌فرنگی در طول دوره انبارداری

Fig. 5- Effect of cropping production systems on number of fourth – grade fruits of tomato during storage

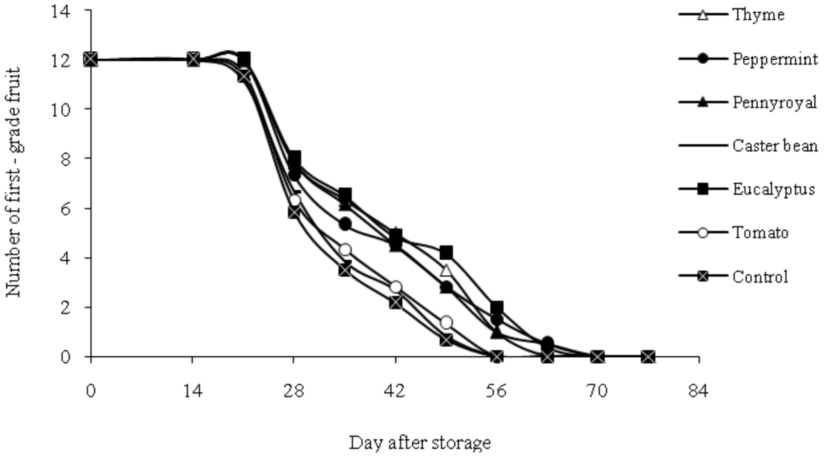
این امر می‌تواند ناشی از بهبود عملکرد کیفی گوجه‌فرنگی‌های تولید شده در سامانه کشاورزی ارگانیک به دلیل اتکا به منابع طبیعی کودی و نیز حذف سموم شیمیایی باشد. همان‌طور که پیشتر ذکر گردید، استراتژی‌های مدیریتی عناصر غذایی و کاربرد کودهای آلی در یک نظام اکولوژیک می‌تواند نقش مؤثری در افزایش توان ماندگاری میوه گوجه‌فرنگی در انبار در مقایسه با شرایط اعمال کود شیمیایی داشته باشد (Ghorbani et al., 2008).

اثر کاربرد گونه‌های گیاهی

نتایج حاصل از آنالیز غیرپارامتری اثر کاربرد گونه‌های گیاهی، حاکی از وجود تفاوت بین این گونه‌ها از نظر تاثیر بر سرعت پوسیدگی انباری در گوجه‌فرنگی بود. به طوری‌که به جز کرچک و گوجه‌فرنگی، کاربرد سایر گیاهان دارویی منجر به کاهش معنی‌دار سرعت رشد و توسعه قارچ‌های بیماری‌زا در انبار شد (شکل 6). در بین گیاهان دارویی، نعناع‌فلفلی (z= -3/11) و پونه (z= -3/11) بیش‌ترین تأثیر را در کاهش سرعت پوسیدگی داشتند؛ به طوری‌که استفاده از این گیاهان در بسته‌بندی گوجه‌فرنگی، سرعت پوسیدگی را در مقایسه با تیمار شاهد (1/9 میوه در هفته) تا 21 درصد کاهش داد (شکل 6).



شکل 6- اثرات کاربرد گونه‌های گیاهی بر سرعت پوسیدگی گوجه‌فرنگی در شرایط انبارداری
Fig. 6- Effects of applying plant sample on storage- rot rate of tomato



شکل 7- اثرات کاربرد گونه‌های گیاهی بر تعداد میوه‌های درجه یک گوجه‌فرنگی در طول دوره انبارداری
Fig. 7- Effects of applying plant sample on number of first – grade fruits of tomato during storage

بررسی روند تعداد میوه‌های سالم گوجه‌فرنگی در طول دوره انبارداری نیز نشان‌دهنده نقش مؤثر کاربرد گیاهان دارویی در مقایسه با تیمار شاهد در کاهش رشد عامل پوسیدگی و در نتیجه ثبات نسبی تعداد میوه‌های سالم بود (شکل 7). بر اساس میانگین داده‌ها در هر مرحله از مشاهدات، کرچک و گوجه‌فرنگی به ترتیب کم‌ترین و اکالیپتوس، آویشن، نعناع‌فلفلی و پونه به ترتیب بیش‌ترین تأثیر را در افزایش ثبات میوه‌های گوجه‌فرنگی در دوره‌های 21 تا 70 روز پس انبارداری داشتند (شکل 7). کاهش علائم بیماری و در نتیجه افزایش مشاهده تعداد میوه‌های سالم گوجه‌فرنگی در نتیجه کاربرد گیاهان ذکر شده می‌تواند نشان‌دهنده توانایی این گیاهان در کاهش توسعه عوامل بیماری‌زای قارچی باشد و از این‌رو اهمیت استفاده از این گیاهان را در تولید قارچ‌کش‌های زیستی مورد تأکید قرار دهد. در راستای این نتایج، فنگ و ژنگ (Feng & Zheng, 2007) گزارش کردند که استفاده از اسانس آویشن با کاهش جوانه‌زنی اسپورها می‌تواند نقش مؤثری در کنترل رشد عامل پوسیدگی قارچی در گوجه‌فرنگی داشته باشد. مهربان و همکاران (Mehraban et al., 2005) ضمن مشاهده اثرات مؤثر استفاده از آویشن در کنترل قارچ *Aspergillus parasiticus* رشد کرده بر روی پسته (*Pistacia vera* L.)، استفاده از اسانس این گیاه را جایگزینی برای قارچ‌کش‌های شیمیایی عنوان کردند. فدائی و همکاران (Fadaei et al., 2011) نیز ضمن اشاره به اثرات ضدمیکروبی نعناع‌فلفلی، توانایی این گیاه را بیش از بنزوات سدیم به عنوان یک نگهدارنده شیمیایی مورد

استفاده در صنایع غذایی تشخیص دادند.

نتیجه‌گیری

نتایج آزمایش حاکی از نقش مؤثر نظام‌های اکولوژیک در کاهش سرعت پوسیدگی و فساد میوه‌ها در نتیجه کنترل نسبی عوامل بیماری‌زای پوسیدگی قارچی در گوجه‌فرنگی در مقایسه با نظام‌های رایج تولید این محصول بود. هم‌چنین نتایج نشان داد که کاربرد گیاهان دارویی و معطر می‌توانند نقش مثبتی در کاهش رشد و توسعه عوامل بیماری‌زای قارچی در گوجه‌فرنگی‌های انباری داشته باشند. همان‌طور که پیش‌تر ذکر گردید، با توجه به مشکلات زیست‌محیطی و نیز مخاطرات ایجاد شده در ارتباط با تولید محصولات و غذای ناسالم ناشی از مصرف قارچ‌کش‌های شیمیایی، به‌کارگیری سامانه-های کشاورزی اکولوژیک در کنار فرآورده‌های حاصل از گیاهان دارویی به عنوان کنترل‌کننده‌های عوامل بیماری‌زای قارچی، می‌تواند در راستای تولید و فرآوری گوجه‌فرنگی مورد توجه قرار گیرد.

منابع

Abdolmaleki, M., Bahraminejad, S., Salari, M., Abbasi, S., and Panjeke, N. 2011. Anti fungal activity of peppermint (*Mentha piperita* L.) on phytopathogenic fungi. Journal of Medicinal Plants 10: 26-34. (In Persian with English Summary)

Alikhani, M., Sharifani, M., Azizi, M., Hemati, K.H., and Mousavizadeh, S.J. 2009. The effect of some natural compounds in shelf- life and quality of pear fruit (Esfahan shah mive cultivar). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 16: 158-172. (In Persian with English Summary)

Aslani, M.R., Maleki, M., Mohri, M., Sharifi, K., Najjar-Nezhad, V., and Afshari, E. 2007. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. Toxicon 49: 400-406.

Behnamian, M., and Masiha, S. 2002. Tomato (*Lycopersicom esculentum*). Sotode Publications, Tabriz, Iran 110 pp. (In Persian)

Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89-101.

Doan, L.G. 2004. Ricin: Mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development: A review. Journal of Toxicology-Clinical Toxicology 42: 201-208.

Fadaei, S., Aberoomand Azar, P., Sharifan, A., and Larijani, K. 2011. Evaluation of antimicrobial activity of *Mentha piperita* L. essential oil and its comparison with sodium benzoate. Food Technology and Nutrition 8: 34-41. (In Persian with English Summary)

Fan, B., Shen, L., Liu, K., Zhao, D., Yu, M., and Sheng, J. 2008. Interaction between nitric oxide and hydrogen peroxide in postharvest tomato resistance response to *Rhizopus nigricans*. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1238-1244.

Feng, W., and Zheng, X. 2006. Control of *Alternaria alternata* by cassia oil in combination with potassium chloride or sodium chloride. Journal of Applied Microbiology 101: 1317-1322.

Feng, W., and Zheng, X. 2007. Essential oils to control *Alternaria alternata* in *vitro* and in vivo. Food Control 18: 1126-1130.

Ghorbani, R., Koocheki, A., Asadi, G.A., and Jahan, M. 2008. Effect of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in ecological production systems. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 111-116. (In Persian with English Summary)

Jones, J.B., Jones, J.P., Stall, R.E., and Zitter, T.A. 1991. Compendium of Tomato Disease. APS Press 73 pp.

Mahboubi, M., and Feyzabadi, M.M. 2009. The antimicrobial activity of thyme, sweet marjoram, savory and eucalyptus oils on *Escherichia coli*, *Salmonella typhimuriun*, *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*. Journal of Medicinal Plants 8: 137-144. (In Persian with English Summary)

Mahboubi, M., and Haghi, G. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Mentha pulegium* L.

essential oil. Journal of Ethnopharmacology 119: 325-327.

Mazaheri Tehrani, M., Mortazavi, A., Ziaolhagh, H., and Ghandi, A. 2007. Qualitative Characteristics in Tomato Processing (Vol. 2). Marze Danesh Publications, Tehran, Iran 253 pp. (In Persian)

Mehraban, M., Poorazarang, H., Mortazavi, S.A., and Mashkouki, A.M. 2005. Effect of thyme and ajowan essential oil on preventing growth of *Aspergillus parasiticus* in pistachio. Iranian Food Science and Technology Research Journal 1: 45-51. (In Persian with English Summary)

Mohsenzadeh, S., Mohabatkar, H., and Gholizadeh, M. 2008. Aquatic extract effects of castor bean leaf and fruit on germination and seedling growth and propagation of bacteria and fungi. Pajouhesh and Sazandegi 78: 30-33. (In Persian with English Summary)

Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328-335.

Sattari, M., Shahbazi, N., and Najar Peeryeh, S. 2006. An assessment of antibacterial effect of alcoholic and aquatic extracts of eucalyptus leaves on *Pseudomonas aeruginosa*. Modares Journal of Medical Sciences: Pathobiology 8: 19-23. (In Persian with English Summary)

Sherafati, M., Ghasem Nezhad, M., Balochi, Z., and Amirmeyjani, A.R. 2009. Effect of chitosan coating on controlling fungi rot and fruit quality of tomato during storage. In Sixth Iranian Congress of Horticultural Science, Guilan, Rasht, Iran, 12-15 July. (In Persian)

Shirzad, H.A., Yosofi, H., Parvin, N., Farrokhi, E., and Shahaby, G.A. 2009. Preventive and therapeutic effects of tomato juice on the growth of fibrosarcoma tumor cells in balb/c mice. Journal of Shahrekord University of Medical Sciences 10: 1-6. (In Persian with English Summary)

Statistical Report of Agriculture. 2011. Available at Web site: http://www.maj.ir. (In Persian)

Teixeira, B., Marques, A., Ramos, C., Batista, I., Serrano, C., Matos, O., Neng, N.R., Nogueira, J.M.F., Saraiva, J.A., and Nunes, M.L. 2012. European pennyroyal (*Mentha pulegium*) from Portugal: Chemical composition of essential oil and antioxidant and antimicrobial properties of extracts and essential oil. Industrial Crops and Products 36: 81-87.

Troncoso-Rojas, R., Sanchez-Estrada, A., Ruelas, C., Garcia, H.S., and Tiznado-Hernandez, M.E. 2005. Effect of benzyl isothiocyanate on tomato fruit infection development by *Alternaria alternate*. Journal of the Science of Food and Agriculture 85:1427-1434 .

Tzortzakis, N., Singleton, I., and Barnes, J. 2008. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 47: 1-9.

Wang, Y., Bao, Y., Shen, D., Feng, W., Yu, T., Zhang, J., and Zheng, X.D. 2008. Biocontrol of *Alternariaalternata* on cherry tomato fruit by use of marine yeast *Rhodosporidium paludigenum* Fell & Tallman. International Journal of Food Microbiology 123: 234-239.

Zhao, Y., Tu, K., Shao, X., Jing, W., and Su, Z. 2008. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 49: 113-120.

Zhao, Y., Wang, R., Tu, K., and Liu, K. 2011. Efficacy of preharvest spraying with *Pichia guilliermondii* on postharvest decay and quality of cherry tomato fruit during storage. African Journal of Biotechnology 10: 9613-9622.

Contents

Investigation of Yield and Germination Qualitative Characteristics of seeds of Black Cumin (*Nigella sativa* L.), Isabgol *(Plantago ovate* Forsk.) and Fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) under Organic Cultivation 153
A. Koocheki, L. Tabrizi, M. Keikha Akhar and A. Roohi

Assessment of the Adaptation Strategiesin Rainfed Chickpea in Response to Future Climate Change in Zanjan Province 169
A. Hajjarpoor, N. Meghdadi, A. Soltani and B. Kamkar

Castor (*Ricinus communis* L.) and Pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) Growth Indices in Terms of Interference 182
N. Jafarzadeh, A.R. Pirzad and H. Hadi

Survey of Associations among Soil Properties and Climatic Factors on Weed Distribution in Wheat (*Triticum aestivum* L.) in Kermanshah Province 197
M. Veisi, H. Rahimian, H. Alizade, M. Minbashi and M. Oveisi

Assessing Biodiversity of Agronomical and Horticultural Productions of Isfahan Province 212
N. Pourghasemian and R. Moradi

Evaluation of Growth and Species Composition of Weeds in Maize-Cowpea Intercropping based on Additive Series under Organic Farming Condition 227
H. Eskandari and A. Alizadeh-Amraie

Effects of Vermicompst and Nitroxin Biofertilizer on Quantity and Quality of Essential Oil of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) 241
H. Sajjadi Niaki, M.T. Darzi and M.R. Haj Seyed Hadi

Energy Flow in Conventional Dairy Farms with Emphasis on CO Emission from Electricity Generation and Use of Technical Equipment and Machines 251
A. Bayani, L. Abolhasani and N. Shahnoushi Froushani

Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) and Basil (*Ocimum basilicum* L.) in Different Intercropping Patterns with Bean (*Phaseolusvulgaris* L.) 263
E. Rezaei-Chiyaneh

Assessing Energy Flow in Rainfed and Irrigated Wheat Fields of Shahrekourd Township under two Tillage Systems 281
H. Kazemi, P. Alizadeh and A. Nehbandani

Effects of Plant Density and Cow Manure Levels on Growth Criteria of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Cultivars under Mashhad Climatic Conditions 296
R. Ahmadzadeh Ghavidel, G.A. Asadi, M.T. Naseri Pour Yazdi, R. Ghorbani and S. Khorramdel

Evaluating the Ability of some Medicinal Plants for Controlling Rhizopus (*Rhizopu snigricans*) and Black Spot Rot (*Alternaria alternate*) as Postharvest Diseases in Tomato Produced under Conventional and Organic Cropping Systems 318
S.M. Seyyedi and P. Rezvani Moghaddam

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 8 No. 2 Summer 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