

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۲۷۶ اثر کودهای زیستی در تلفیق با مقادیر مختلف کودهای شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و عملکرد کاسبرگ‌های چای ترش (*Hibiscus sabdariffa* L.)
رقیه محمدپور وشوایی، احمد قنبری و براتعلی فاخری
- ۲۹۶ فراتحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران
علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، سارا بخشائی و آفرین داوری
- ۳۱۴ تأثیر کودهای آلی و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.)
عقیل روحی نوق، علیرضا کوچکی، رضا قربانی، پرویز رضوانی مقدم و سارا بخشائی
- ۳۲۶ اثر تراکم بنه و نوع بستر کاشت بر اجزای عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)
عبداله ملافیلابی، علیرضا کوچکی، پرویز رضوانی مقدم و مهدی نصیری محلاتی
- ۳۴۲ پراکنش گیاه هرز علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.) و سایر گیاهان هرز مهم هم خانواده آن در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) غرب و شمال شرق ایران
احسان اله زیدعلی، رضا قربانی، مهدی پارسا و قربانعلی اسدی
- ۳۶۰ ارزیابی روند تغییرات مصرف و بهره‌وری نیتروژن در نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران
مهدی نصیری محلاتی و علیرضا کوچکی
- ۳۷۹ ترکیبات گیاهی جایگزینی مناسب جهت کاهش مخاطرات محیطی استفاده از حشره‌کش‌های شیمیایی (مورد: سوسک کلرادوی سیب زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* (Say))
اکرم تقی زاده ساروکلاهی، محسن جان پرور و قدیر نوری قنبلانی
- ۳۸۹ بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: I- غلات
روح الله مرادی و نسیمه پور قاسمیان
- ۴۰۶ بررسی توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و گیاهان پوششی در شرایط رقابت با علف‌های هرز
زینب شیرزادی مرگاو، فائزه زعفریان و میلاد باقری شیروان
- ۴۲۱ تأثیر سطوح فیلتریک بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد بلال ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) تحت شرایط تنش خشکی
آخر فصل
عزیز کرملامجب، سید عطاء اله سیادت، حسن حمدی، حسین منجزی و احمد کوچک زاده
- ۴۳۳ ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط محدودیت آب انتهای فصل
سمیه سهیلی موحد، محمد علی اسماعیلی، فرهاد جباری و عقیل فولادی
- ۴۴۵ بررسی اثر ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) تحت شرایط مختلف رطوبتی
مصطفی گواهی، امیر قلاوند، فرزاد نجفی و علی سروش‌زاده
- ۴۵۸ ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید زیتون (*Olea europaea* L.) با استفاده از ارزیابی چرخه حیات: مطالعه موردی شهرستان طارم، استان زنجان
احسان خدارضایی، هادی ویسی، امید نوری، مهدی طاهری و کوروس خوشبخت
- ۴۷۵ پیش‌بینی تغییرات تقویم زراعی جو دیم (*Hordeum vulgare* L.) در سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱ استان لرستان با استفاده از مدل‌های ریز مقیاس‌کننده LARS-WG و گردش عمومی HadCM۳
محمود احمدی، مصطفی فلاحی خوشبختی و امید مفاخری

- ۴۹۰ بررسی اثر کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی (SMC) و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) در یک نظام زراعی کم نهاده
 پرویز رضوانی مقدم، حمید رضا اخیایی و محمدپهزاد امیری
- ۵۰۵ عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد عناصر کم مصرف و ورمی کمپوست در دو منطقه کرمان و بردسیر
 علیرضا کریمی، محمدعلی بهدانی، سید وحید اسلامی و محمد حسن فتحی
- ۵۲۰ تأثیر رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم کرمانشاه
 حمزه فعله گری محمد اقبال قبادی، مختار قبادی، سعید جلالی هنرمند و محسن سعیدی
- ۵۳۵ شبیه سازی عملکرد گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) در شرایط تنش شوری بر اساس مدل های آماری و مدل های کلان
 وحیدرضا جلالی و صفورا اسدی کپورچال
- ۵۴۵ ارزیابی عملکرد علوفه و دانه گیاهان چند ساله با نیاز آبی کم در اراضی زراعی رها شده
 غلامعلی گزانچیان، محمدتقی کاشکی، سید وجیه ا.. میرعلوی و علی اسلامی
- ۵۵۹ اثر تنش خشکی بر شاخصه های رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) در تراکم های کاشت متفاوت
 شیوا اکبری، محمد کافی و شهرام رضوان بیدختی

اسامی ارزیابان جلد ۹ شماره ۲ (تابستان ۱۳۹۶) نشریه بوم شناسی کشاورزی (به ترتیب الفبا)

دکتر قربانعلی اسدی	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر سید محمد سیدی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر حمیدرضا اصغری	دانشگاه صنعتی شاهرود	دکتر شاهین شاهسونی	دانشگاه صنعتی شاهرود
دکتر مسعود اصفهانی	دانشگاه گیلان	دکتر ابراهیم شریفی عاشورآبادی	موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
دکتر حجت امامی	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر سیدفرهاد صابرعلی	دانشگاه تربت جام
دکتر سید رضا امیری	مجتمع آموزش عالی سراوان	دکتر حسین صباحی	دانشگاه تهران
دکتر علیرضا باقری	دانشگاه رازی کرمانشاه	دکتر یاسر علیزاده	دانشگاه ایلام
دکتر الهه برومند رضازاده	شرکت فناوران بذریکتا	دکتر عبدالعلی غفاری	مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی
دکتر محمد بنایان اول	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر مهدی فراوانی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
دکتر علیرضا بهشتی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی	دکتر لیدا فکرت	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر همت اله پیردشتی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری	دکتر حسن فیضی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد	دکتر بهنام کامکار	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
دکتر کوروس خوشبخت	دانشگاه شهید بهشتی تهران	دکتر روح اله مرادی	دانشگاه شهید باهنر کرمان
دکتر محمد خیرخواه	مجتمع آموزش عالی شیروان	دکتر فرزاد مندنی	دانشگاه رازی کرمانشاه
دکتر علیرضا راشکی	دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست مشهد	دکتر حامد منصوری	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر مجید رستمی	دانشگاه ملایر	دکتر سید کریم موسوی	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
دکتر اسماعیل رضائی چپانه	دانشگاه ارومیه	دکتر مهدی نصیری محلاتی	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر شهرام رضوان بیدختی	دانشگاه آزاد دامغان		
دکتر فائز رئیسی	دانشگاه شهرکرد		
دکتر احمد زارع فیض آبادی	مرکز تحقیقات کشاورزی طرق		
دکتر افشین سلطانی	دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان		
دکتر سارا سنجانی	موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج		

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

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

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

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

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

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

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

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

سخن سردبیر

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

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

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

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

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

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی



به نام خدا



پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

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

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

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

- فعالیت‌های پژوهشی کشاورزی با اتکاء به حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست و افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی
- مدیریت زراعی در رابطه با کاربرد نهاده‌های بیولوژیک
- عملیات خاک ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حداقل اتکاء به نهاده‌های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره‌برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمی در عوامل تولید و مدل‌سازی رشد و نمو گیاهی
- روش‌های پایش عملکرد و مطالعات ارزیابی خلاء عملکرد
- کاربرد اصول فیزیولوژی در شناخت روابط اکولوژیک و افزایش کارآیی تولیدات زراعی
- ارزیابی چرخه‌های حیات در تولیدات زراعی
- پهنه‌بندی‌های اقلیمی و ناحیه‌بندی 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 فرآورده‌های 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 آنجایی که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد، رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله 1/5 بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه 12 تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم‌افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه 10 با فاصله خط 1 نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر 20 صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر 20 کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه 14 نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین 600-700 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 متناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که 30% مربوط به مقدمه، 20% مواد و روش‌ها و 50% مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه‌گیری کلی نوشته شود.

- **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 عنوان‌های جدول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملاً انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.
- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انگلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

- الف - کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه 12 در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه 0/5 انتخاب گردد.
- ب - کلیه منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی (In Persian with English Summary) و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی داخل پرانتز (In Persian) نوشته شود.
- ج - در نوشتن منابع، اسامی مجلات بصورت کامل نوشته شوند.
- د - در صورتی که در نوشتن منابع مقاله از برنامه EndNote استفاده می‌شود، در قسمت Bibliography style نوع Agri Ecosys Enviro انتخاب گردد.
- مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:
- 1- مجلات:
 - Nassiri Mahallati, M., Koocheki, K., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 85: 1-8.
 - 2- کتاب تالیف شده:
 - Pretty, J. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Earthscan Publications Limited, London.
 - 3- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):
 - Ison, R. 2008. Systems thinking and practice for action research. In P. Reason and H. Bradbury (Eds.), Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. Sage Publications, London. p. 139-158.

4- مقاله در نشریه برخط (On-line):

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

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

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

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

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

7- رساله‌های تحصیلی:

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

8- کنفرانس‌های علمی:

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

9- گزارش‌های علمی:

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

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

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

10- نرم افزارهای کامپیوتری:

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

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

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

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه مجلات علمی، دفتر مجله بوم‌شناسی کشاورزی

صندوق پستی: 91775-1163

تلفن: 051-38804654 نمابر: 051-38787430 E-mail: Agroecology@um.ac.ir

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

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



فرا تحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران

علیرضا کوچکی^{1*}، مهدی نصیری محلاتی¹، سارا بخشائی² و آگرین داوری³

تاریخ دریافت: 1392/02/16

تاریخ پذیرش: 1392/09/11

کوچکی، ع.ر.، نصیری محلاتی، م.، بخشائی، س.، و داوری، آ. 1396. فرا تحلیل مصرف کود شیمیایی نیتروژن در تولید غلات در ایران. بوم-شناسی کشاورزی، 9(2): 296-313.

چکیده

پژوهش‌های مربوط به ارزیابی تأثیر کودهای نیتروژنه بر عملکرد غلات سابقه‌ای طولانی در کشور دارد، با این حال به دلیل پراکندگی و اختلاف موجود در نتایج آزمایشات مختلف، دستیابی به نتیجه‌گیری کلی دشوار می‌باشد. در این مطالعه جهت غلبه بر این مشکل از رهیافت فرا تحلیل استفاده شده است تا از این طریق بتوان با تلفیق و آنالیز مجدد یافته‌های آزمایشات مستقل به نتیجه‌ای واحد دست یافت. به این منظور 46 مقاله علمی-پژوهشی منتشر شده توسط محققین کشور در ارتباط با اثر کودهای نیتروژنه بر عملکرد غلات شامل 23 مقاله مربوط به گندم (*Triticum aestivum* L.)، 14 مقاله مربوط به ذرت (*Zea mays* L.) و 9 مقاله در مورد برنج (*Oryza sativa* L.) مورد بررسی قرار گرفت. سطوح کودهای نیتروژنه به کار رفته در آزمایشات برای گندم، ذرت و برنج به ترتیب در دامنه 20-250، 25-275 و 90-10 کیلوگرم در هکتار قرار داشت. تلفیق یافته‌ها نشان داد که با مصرف کودهای نیتروژنه میانگین عملکرد دانه در گندم 2477، در ذرت 4699 و در برنج 1509 کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. نتایج فرا تحلیل نشان داد که در هر سه محصول تحت بررسی تأثیر کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار ولی بر شاخص برداشت بی‌معنی بود و بر این اساس حداکثر عملکرد دانه با مصرف 50-100 و حداکثر عملکرد ماده خشک با کاربرد 100-150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. سطوح کودی بالاتر تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد نداشتند. فرا تحلیل به صورت جداگانه برای هر محصول نیز اجرا شد. نتایج نشان داد که در گندم حد بهینه نیتروژن کودی برای عملکرد دانه و ماده خشک به ترتیب 75-100 و 100 کیلوگرم در هکتار می‌باشد در حالی که برای ذرت حداکثر عملکرد دانه با مصرف 50-100 و حداکثر عملکرد ماده خشک در 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل می‌شود و در برنج عملکرد دانه و ماده خشک با مصرف 75-90 کیلوگرم نیتروژن در هکتار به حداکثر خواهد رسید. شاخص برداشت هیچ‌یک از سه محصول پاسخ معنی‌داری به کود نیتروژنی نداشت.

واژه‌های کلیدی: برنج، ذرت، شاخص برداشت، عملکرد دانه، گندم

مقدمه

افزایش عملکرد گیاهان زراعی در طی 50 سال گذشته تا حد زیادی مرهون مصرف کودهای شیمیایی به‌ویژه نیتروژن می‌باشد به طوری که سهم این کودها در بهبود عملکرد در مطالعات مختلف بین

30 تا 50 درصد گزارش شده است (Good et al., 2004). در واقع بروز پتانسیل ژنتیکی واریته‌های پر محصول گیاهان زراعی در گرو مصرف مقدار کافی نیتروژن است، زیرا توسعه کانوی و جذب مطلوب نور و نیز فتوسنتز و کارایی مصرف نور به شدت تابع مقدار نیتروژن جذب شده توسط گیاه می‌باشند (Singh, 2005). این وابستگی همراه با افزایش جمعیت و تقاضای بیشتر برای غذا باعث شده تا مصرف کودهای شیمیایی نیز در طی 50 سال گذشته به‌طور چشمگیری در سطح جهان افزایش یابد و با میانگین رشد سالانه معادل 3/2 درصد، در سال 2000 میلادی به 128 و تا سال 2010 به 181 میلیون تن

1، 2 و 3- به ترتیب استاد، دانش‌آموخته دکتری اگروکولوژی (مدرس دانشگاه پیام نور) و دانشجوی دکتری اگروکولوژی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*) - نویسنده مسئول:
(Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.26798

مستقل از هم در خصوص یک موضوع است. در واقع فراتحلیل نوعی پژوهش درباره پژوهش‌های دیگر است و به کمک آن می‌توان پژوهش‌های متعددی را که در مورد یک موضوع خاص انجام شده مجدداً مورد مطالعه قرار داده و به‌صورت آماری با یکدیگر مقایسه کرد و این رهیافت خود یک پژوهش مستقل محسوب می‌شود (Koocheki et al., 2011). در فراتحلیل جامعه آماری مجموعه پژوهش‌های قبلی و واحد پژوهش هر یک از پژوهش‌های اولیه و مستقل پیشین است. بنابراین، فراتحلیل نوعی تحلیل تحلیل‌هاست (Gurevitch & Hedgh, 1999).

این روش آماری اولین بار در مطالعات روانشناسی و پزشکی مورد استفاده قرار گرفت و سپس با شروع مطالعات گروویچ و همکاران (Gurevitch & Hedges, 1992) در اکولوژی نیز به کار گرفته شد اما در علوم کشاورزی روش نسبتاً جدیدی است که تاکنون کمتر به آن پرداخته شده است (Rotundo, 2009; Rosenberg, 2004). والکاما و همکاران (Valkama et al., 2008) با بررسی 400 مطالعه انجام شده طی 80 سال (1927-2007) در فنلاند فراتحلیلی بر روی تأثیر مقادیر مختلف کود فسفر بر عملکرد گیاهان زراعی انجام دادند. نتایج این فراتحلیل حاکی از آن بود که کاربرد کود فسفر در اغلب گیاهان زراعی سبب افزایش عملکرد تا حدود 11 درصد شده است. لو و همکاران (Lu et al., 2001) نیز فراتحلیلی را در خصوص میزان ترسیب کربن در خاک طی تبدیل سیستم زراعی رایج (شخم) به سیستم بدون شخم بر روی 69 مطالعه مستقل انجام دادند و در نهایت به این نتیجه رسیدند که در بسیاری از موارد سیستم‌های بدون شخم سبب افزایش میزان کربن آلی خاک نشدند که نوع گیاه و سیستم کشت در این مورد بسیار اهمیت داشت. کایر و همکاران (Kiaer et al., 2009) فراتحلیلی را بر روی 26 مطالعه انجام شده در خصوص افزایش عملکرد غلات (گندم، جو (*Hordeum vulgare* L.) و یولاف (*Avena sativa* L.)) در شرایط ترکیب ارقام در مقایسه با کشت منفرد هر یک از ارقام انجام دادند. تونیتو و همکاران (Tonitto et al., 2006) نیز با مرور 35 مطالعه، فراتحلیلی بر روی میزان عملکرد گیاه زراعی و پویایی نیتروژن در شرایط جایگزینی آیش بدون پوشش با گیاه پوششی در سیستم‌های کشت فشرده انجام دادند. برای این منظور کلیه مطالعاتی که بر روی تنوع زیستی و فراوانی گونه‌ها در دو سیستم کشاورزی رایج و ارگانیک در کشور در مقیاس-

برسد به‌علاوه نتایج پیش‌بینی‌ها نیز نشان داده است که میزان مصرف جهانی کودهای شیمیایی در سال 2020 بالغ بر 206 میلیون تن خواهد بود که در حدود 63 درصد آن کودهای نیتروژنه می‌باشند. به-علاوه بیش از 66 درصد این کودها در کشورهای در حال توسعه و 53 درصد از این میزان در آسیا به مصرف می‌رسد (FAO, 2010).

در ایران نیز تولید کودهای شیمیایی که از سال 1324 آغاز شد با الگویی مشابه با سایر کشورهای در حال توسعه از اواخر دهه 50 شمسی به‌سرعت توسعه یافت و بخش عمده این کودها از نوع نیتروژنی می‌باشد، به‌طوری‌که میزان مصرف کودهای نیتروژن کشور در سال 1390 در حدود 2/1 میلیون تن بوده است.

نقش و اهمیت کودهای شیمیایی و به خصوص کودهای نیتروژنه در تولیدات کشاورزی باعث شده که محققین کشورهای مختلف طی چند دهه گذشته به‌طور گسترده‌ای جنبه‌های مختلف تأثیر این کودها را از ابعاد فیزیولوژیکی، اکولوژیکی و زراعی مورد بررسی قرار دهند.

دوبرمن و کاسمن (Dobermann & Cassman, 2004) بیان داشتند مهمترین نتیجه حاصل از بررسی منابع بر روی آزمایشات مرتبط با تأثیر نیتروژن بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی این است که علی‌رغم معنی‌دار بودن تأثیر این کودها، نتایج آزمایشات بسیار متغیر می‌باشند. این امر چندان دور از ذهن نیست زیرا حد بهینه مصرف کودهای نیتروژنه به نوع گیاه زراعی بستگی داشته و برای یک گونه خاص علاوه بر عوامل اقلیمی و خصوصیات خاک، تابع نحوه مدیریت بوم نظام (تناوب، بقایا، خاک‌ورزی) و نیز نوع کود، روش و زمان مصرف آن می‌باشد (Cassmann et al., 2002). بدیهی که به دلیل دخالت مجموعه پیچیده‌ای از عوامل مختلف، نتایج حاصل از آزمایشات مستقل برای ارزیابی تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد یک گونه بسیار متنوع خواهند بود. این تنوع که در مطالعات پژوهشگران کشور ما نیز مشهود می‌باشد (برای مثال Hosseini et al., 2008; Miran Zadeh Emam et al., 2005; Sagsavari et al., 2002; Rahimi Zadeh & Kashani, 2006; & Emam, 2005; Bahrani et al., 2001) تصمیم‌گیری در مورد میزان بهینه مصرف کودهای نیتروژنه در گیاهان مختلف را دشوار ساخته بنابراین ساماندهی این نتایج مستلزم استفاده از روش‌های آماری خاص است. فرا تحلیل¹ روشی برای مقایسه آماری نتایج حاصل از مطالعات

توصیف شده است. اولین مرحله در اجرای فراتحلیل محاسبه اختلاف استاندارد میانگین تیمار شاهد و میانگین تیمارهای آزمایشی (تیمار کودی) در هر سطح کودی است که به آن اندازه اثر¹ (d) گفته می-شود. بنابراین برای هر یک از 46 آزمایش مستقلی که در این فراتحلیل مورد بررسی قرار گرفته‌اند یک مقدار d محاسبه می‌شود (معادله 1):

$$d = \frac{\bar{X}_t - \bar{X}_c}{S_p} \times J \quad \text{معادله (1)}$$

که در آن $\bar{X}_t$ و $\bar{X}_c$: به ترتیب میانگین تیمارهای شاهد و کودی، S_p : انحراف معیار تلفیق شده میانگین‌ها و J: ضریب تصحیح برای اریب بودن انحراف معیار میانگین‌ها می‌باشند. مقادیر J و S_p به-ترتیب از معادلات 2 و 3 محاسبه می‌شود:

$$J = 1 - \left[\frac{3}{4(df_c + df_t) - 1} \right] \quad \text{معادله (2)}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{df_c(S_c^2) + df_t(S_t^2)}{df_c + df_t}} \quad \text{معادله (3)}$$

که در آنها S_c و S_t : به ترتیب انحراف معیار میانگین شاهد و تیمار کودی، df_c و df_t : به ترتیب درجه آزادی شاهد و تیمار کودی می-باشند. در صورتی که مقادیر انحراف معیار میانگین‌ها در مقاله ذکر نشده باشد می‌توان مقدار S_p را براساس واریانس خطای آزمایش (MSE) از معادله 4 برآورد کرد:

$$S_p = \sqrt{\left(\frac{n_c + n_t - 2}{n_c + n_t} \right) MSE} \quad \text{معادله (4)}$$

که در آن n_c و n_t : به ترتیب تعداد تکرارهای شاهد و تیمار می‌باشند.

بدون شک همه آزمایش‌های تحت بررسی از دقت یکسانی برخوردار نمی‌باشند، بنابراین لازم است که برای هر آزمایش متناسب با دقت آن وزنی محاسبه شده و سپس مقدار اندازه اثر هر آزمایش به کمک آن موزون شود. به این منظور ابتدا واریانس اندازه اثر برای هر آزمایش (V_d) محاسبه شده (معادله 5):

$$V_d = \left[\frac{n_c + n_t}{n_c \times n_t} \right] + \left[\frac{d^2}{2n(n_c + n_t)} \right] \quad \text{معادله (5)}$$

های مختلف انجام گرفته بودند مورد فراتحلیل قرار گرفته و نتایج قابل قبولی نیز ارائه شد.

با توجه به پراکندگی نتایج آزمایشات کودی در کشور، دستیابی به یک نتیجه‌گیری نهایی در زمینه مصرف کود نیتروژنه ضروری به نظر می‌رسد. بنابراین هدف از این پژوهش استفاده از فراتحلیل به منظور تلفیق نتایج مطالعات انجام شده در طی 20 سال گذشته در رابطه با تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژنی بر عملکرد غلات بود.

مواد و روش‌ها

منبع داده‌ها

برای انجام این پژوهش مطالعات انجام شده بر روی تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنه بر عملکرد و اجزای عملکرد غلات (گندم (*Triticum aestivum* L.)، ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.)) طی 20 سال گذشته مورد بررسی قرار گرفتند. این مطالعات شامل انواع مقاله‌های علمی-پژوهشی بود که از میان آن‌ها تعداد 46 مقاله انتخاب و اطلاعات مورد نظر از آن‌ها استخراج گردید. این اطلاعات شامل مشخصات پژوهش (عنوان پژوهش، محل و طول مدت اجرای پژوهش، نوع گیاه زراعی، نوع طرح آزمایشی، تعداد و نوع تیمارهای آزمایشی، نوع و مقادیر کود نیتروژنه مصرفی، نتایج پژوهش و میزان تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر روی هر یک از فاکتورهای مورد مطالعه) بود که در ادامه جهت اجرای فراتحلیل مورد استفاده قرار گرفت. از میان 46 مقاله مورد بررسی 23 مقاله مربوط به گندم، 14 مقاله مربوط به ذرت و 9 مقاله در مورد برنج بود و در این آزمایشات به ترتیب 68، 43 و 33 سطح کود نیتروژن بر روی گندم، ذرت و برنج به کار رفته بود. مقالات به گونه‌ای انتخاب شدند که داده‌های لازم برای اجرای فراتحلیل در آن‌ها موجود باشد. این اطلاعات ضروری شامل میانگین تیمار شاهد و تیمارهای کودی، انحراف معیار میانگین‌ها، واریانس خطای آزمایش و تعداد تکرار هستند (Hedges et al., 1999).

آنالیز آماری

شرح کامل روش محاسبات آماری فراتحلیل توسط گورویچ و هجز (Gurevitch et al., 1999) و هجز و همکاران (Hedges et al., 1999) ارائه شده است در ادامه مراحل انجام آن به اختصار

فاصله اطمینان با صفر همپوشانی داشته باشد، اندازه اثر تجمعی موزون شده (d^*) بی معنی بوده و شاهد با تیمار تفاوتی ندارد و در غیر این صورت اختلاف تیمار از شاهد به طور معنی داری از صفر بیشتر است. کلیه محاسبات و رسم نمودارها در محیط اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

خلاصه نتایج آزمایشات تحت بررسی

فراوانی مقادیر مختلف تیمار کود نیتروژن در 46 مقاله مورد مطالعه به تفکیک برای هر یک از سه گونه مورد مطالعه ارزیابی شد. در شکل 1 توزیع فراوانی مقادیر کود مصرفی بر حسب نیتروژن در واحد سطح در آزمایشات تحت بررسی برای سه گیاه ذرت، گندم و برنج نشان داده است. در مورد ذرت سطوح کودی در دامنه 25 تا 275 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد.

عکس این واریانس وزن مربوط به آن آزمایش می باشد، به این ترتیب هر آزمایشی که واریانس کوچک تری داشته باشد وزن بیشتری

$$\text{خواهد داشت: } w_i = \frac{1}{V_d}$$

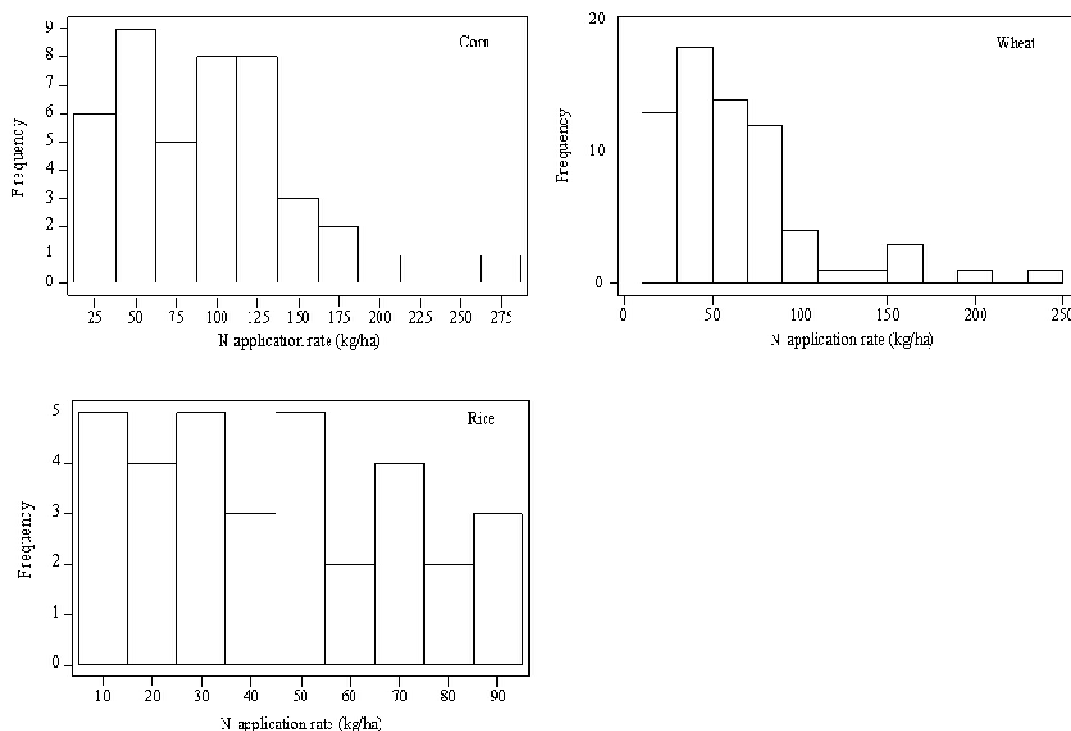
در نهایت، یک اندازه اثر کل یا تجمعی (d^*) محاسبه می شود که در واقع اختلاف استاندارد شده میان شاهد و تیمارهای کودی برای کلیه آزمایشات تحت بررسی می باشد (معادله 6):

$$d^* = \frac{\sum w_i d_i}{\sum w_i} \quad \text{معادله (6)}$$

و انحراف معیار آن (S_{d^*}) نیز از معادله 7 به دست خواهد آمد:

$$S_{d^*} = \sqrt{\frac{1}{\sum w_i}} \quad \text{معادله (7)}$$

آخرین مرحله از فراتحلیل آزمون معنی داری d^* است، با معلوم بودن S_{d^*} می توان فاصله اطمینان d^* را محاسبه کرد چنانچه این



شکل 1- توزیع فراوانی سطوح کودی بر حسب نیتروژن خالص در آزمایشات مربوط به گندم، ذرت و برنج

Fig. 1- Frequency description of fertilizer levels according to pure nitrogen in wheat, corn and rice experiments

البته در حدود 86 درصد آزمایشات تیمارهای بین 25 تا 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن را به کار برده بودند و فراوانی سطوح نیتروژن بالاتر از 200 کیلوگرم در هکتار در آزمایشات مربوط به ذرت بسیار اندک بود. در مورد گندم دامنه سطوح نیتروژن در آزمایشات مورد بررسی بین 20 تا 250 کیلوگرم در هکتار بود. البته در 84 درصد آزمایشات سطوح کودی بین صفر تا 100 و در 95 درصد آن‌ها سطوح

کودی بین صفر تا 150 کیلوگرم در هکتار بود و مقادیر کودی بالاتر از 150 کیلوگرم در هکتار فراوانی اندکی داشتند، بود. در برنج دامنه مصرف نیتروژن در آزمایشات به مراتب محدودتر از دو محصول قبلی و بین 10 تا 90 کیلوگرم در هکتار البته در مورد این محصول توزیع فراوانی مقادیر کودی در آزمایشات از یکنواختی بیشتری نسبت به دو محصول قبلی برخوردار بود (شکل 1).

جدول 1- میانگین صفات مورد مطالعه برای سه محصول (گندم، ذرت و برنج) در مقادیر مختلف نیتروژن در مقالات مورد بررسی

Table 1- Means traits of three crops (wheat, corn and rice) in different levels of nitrogen fertilizer in articles

Table 1. Means traits of three crops (wheat, corn and rice) in different levels of nitrogen fertilizer in articles					
	میانگین تیمارهای کودی Means of fertilizer treatment	میانگین تیمار شاهد Means of control treatment	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	کمترین سطح کود Minimum of fertilizer levels	بیشترین سطح کود Maximum of fertilizer levels
	گندم Wheat				
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	4858	2381	49.1	388	10320
عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha ⁻¹)	12641	5774	51.6	1619	30200
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	36.5	35.9	20.5	17.4	46.4
	ذرت Corn				
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	9191	4492	49.2	921	15859
عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha ⁻¹)	18321	9201	37.5	2043	3657
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	47.9	45.7	10.6	40.7	55.5
	برنج Rice				
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	4308	2809	33.1	873	6170
عملکرد ماده خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry matter yield (kg.ha ⁻¹)	10071	6831	32.5	2515	15192
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	42.2	39.1	9.7	32.0	47.5

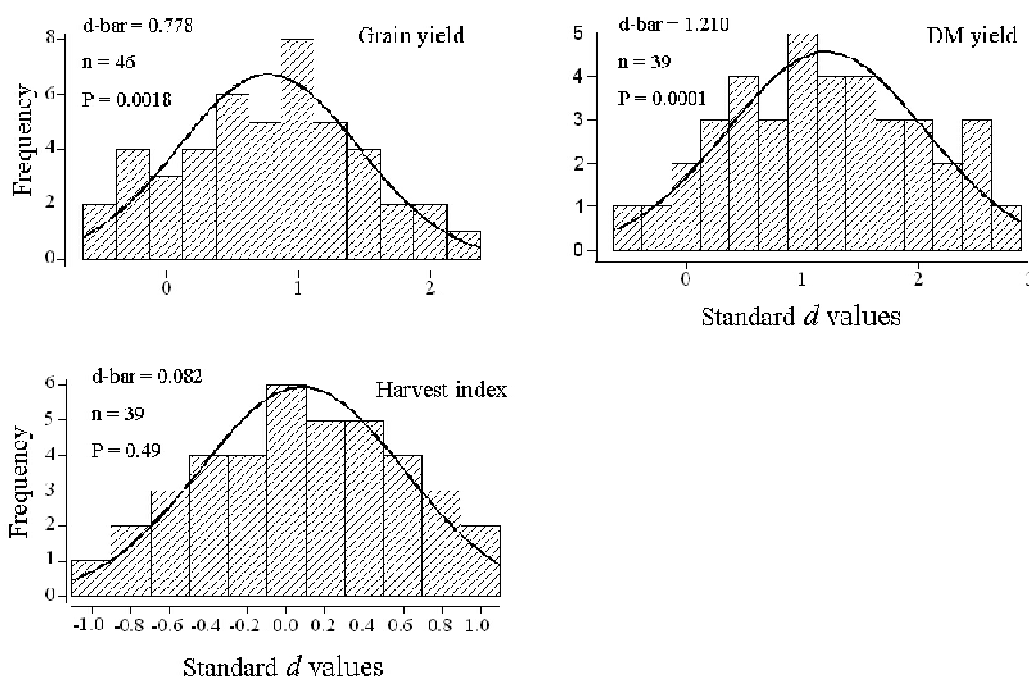
میانگین مصرف نیتروژن در 46 مقاله تحت بررسی برای گندم، ذرت و برنج به ترتیب 88، 94 و 45 کیلوگرم در هکتار بود و با مصرف این مقدار کود میانگین عملکرد دانه در گندم، ذرت و برنج در مقایسه با تیمار شاهد به ترتیب 2477، 4699 و 1509 کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول 1). عملکرد بیولوژیک نیز در شرایط کاربرد کود نیتروژن در گندم، ذرت و برنج به ترتیب به میزان 6867،

9120 و 3240 کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد. در مورد شاخص برداشت در هر سه محصول تفاوت چندانی بین میانگین تیمارهای کودی و تیمار شاهد مشاهده نشد (جدول 1). بالا بودن ضریب تغییرات (CV) برای عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک در هر سه محصول تحت بررسی حاکی از تنوع شدید نتایج آزمایشات کودی می‌باشد به‌طوری‌که این ضریب برای عملکرد دانه و ماده

خشک گندم به ترتیب 49/6 و 51/1 درصد بود (جدول 1).

تلفیق نتایج آزمایشات کودی

مقادیر اندازه اثر برای هر سه صفت تحت بررسی دارای توزیع نرمال بود (شکل 2) و نرمال بودن این توزیع شرط اصلی برای ادامه محاسبات فراتحلیل می باشد. هجز و همکاران (Hedges et al., 1999) بیان داشتند در صورتی که توزیع مقادیر اندازه اثر نرمال نباشد باید لگاریتم اختلاف میانگین شاهد و تیمارهای آزمایشی را برای اجرای فراتحلیل به کار برد.



شکل 2- توزیع فراوانی مقادیر استاندارد شده اندازه اثر برای عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت در گندم، ذرت و برنج در مقالات تحت بررسی همراه با میانگین اندازه اثر، اندازه نمونه و سطح معنی داری

در شکل برازش منحنی توزیع نرمال به داده ها نیز نشان داده شده است.

Fig. 2- Description frequency of standard d values for seed yield, Dry matter yield and harvest index from wheat, corn and rice in articles with d-bar, n and p.

Normal distribution curve fit to the data is also shown in the figure.

کودهای نیتروژنه مربوط می دانند (Good et al., 2004) ولی باید توجه داشت که سطوح نیتروژن خالص مصرف شده در آزمایشات به-ویژه برای گندم و ذرت بسیار بالا بوده (شکل 1) و به نظر می رسد که این پاسخ مثبت تا حد زیادی ناشی از کمبود نیتروژن معدنی اولیه در خاک می باشد زیرا میانگین مقدار نیتروژن کل خاک ذکر شده در

معنی دار بودن تأثیر کودهای نیتروژنه بر افزایش عملکرد دانه و ماده خشک غلات در اغلب مطالعات تحت بررسی تأیید شده است (برای مثال Kazemi et al., 2006; Naroki Nehvi et al., 2005; et al., 2009). اگرچه این امر بدیهی به نظر می رسد و محققین بخش عمده افزایش عملکرد غلات در دهه های اخیر را به کاربرد

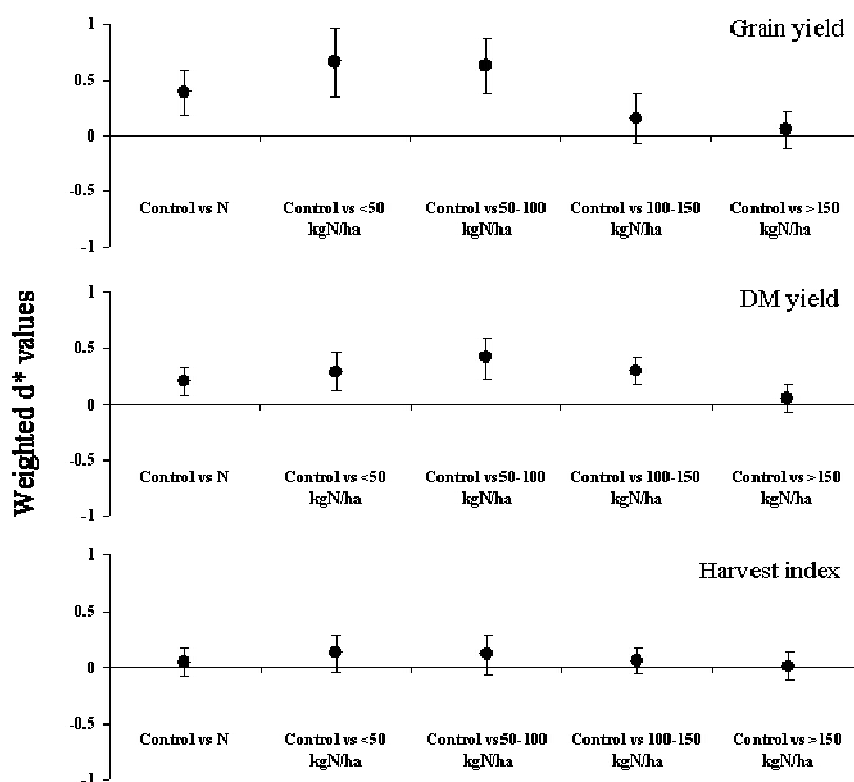
مقایسه قرار گرفته است. نتایج فراتحلیل نشان داد که در مورد عملکرد ماده خشک بیشترین تأثیر مثبت کود در مقادیر 100-150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار مشاهده شد، البته مقادیر کمتر از 50 و بین 100-150 کیلوگرم در هکتار نیز عملکرد ماده خشک را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش دادند، ولی سطوح نیتروژن بالاتر از 150 کیلوگرم در هکتار تأثیر معنی‌داری بر افزایش ماده خشک گیاهان تحت بررسی نداشت.

مقالات تحت بررسی در حدود 0/05 درصد بوده است (داده‌ها نشان داده نشده است).

با وجودی که نتایج فراتحلیل نشان‌دهنده معنی‌دار بودن تأثیر کود نیتروژن بر افزایش عملکرد و ماده خشک و عدم تأثیر آن بر شاخص برداشت سه محصول تحت بررسی می‌باشد ولی از آن‌جا که دامنه سطوح کودی به‌ویژه در گندم و ذرت وسیع می‌باشد (شکل 1)، لازم است که تحلیل دقیق‌تری بین سطوح مختلف کودی برای ارزیابی میزان تأثیر نیتروژن بر صفات تحت بررسی انجام گیرد.

مقایسه آماری بین سطوح کود نیتروژن

در شکل 3 تیمار شاهد به تفکیک یا سطوح مختلف نیتروژن مورد



شکل 3- تأثیر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت غلات

خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثر تجمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 3- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on cereals dry matter yield, seed yield and harvest index
Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

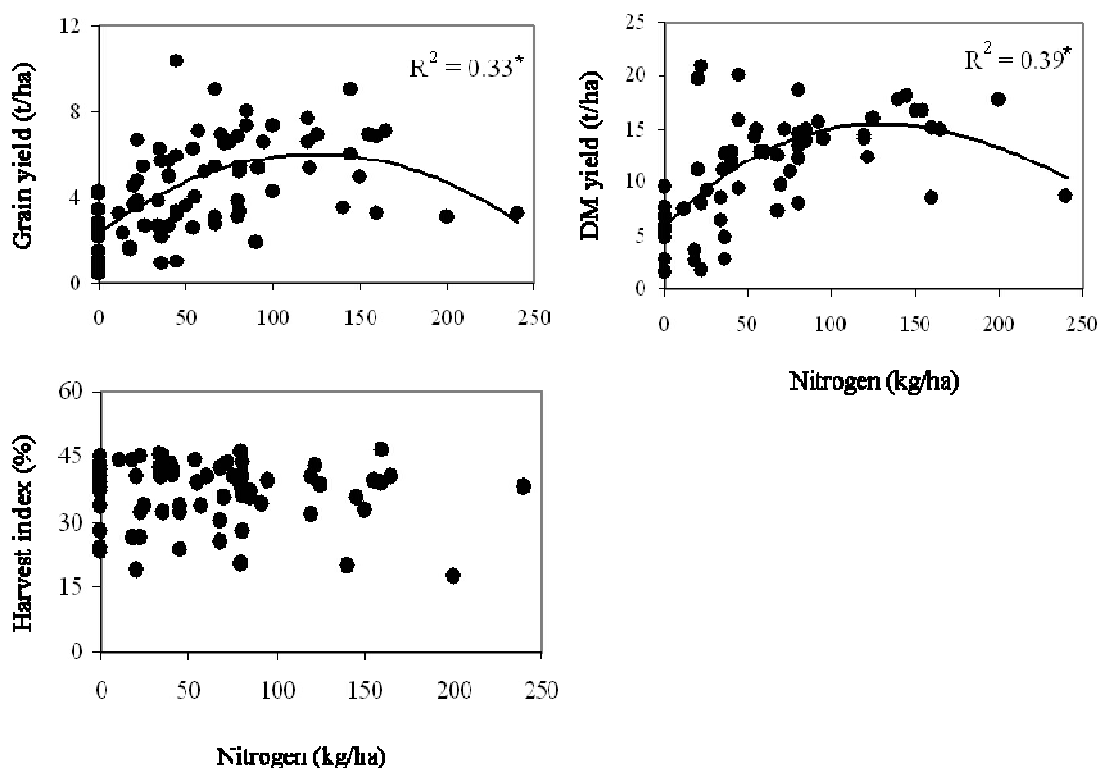
سطوح کودی قرار نگرفت، اگرچه مقدار اندازه اثر در مقادیر کمتر از 50 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشتر از سایر سطوح بود ولی تفاوت معنی‌داری با صفر نداشت. بنابراین به‌نظر می‌رسد که یکسان بودن تغییرات عملکرد دانه و ماده خشک به مصرف نیتروژن باعث شده تا

در مورد عملکرد دانه نیز بیشترین تأثیر در سطوح کمتر از 50 و بین 50-100 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بود و سطوح بالاتر از 100 کیلوگرم در هکتار تأثیر قابل توجهی بر افزایش عملکرد دانه در سه محصول تحت بررسی نداشتند (شکل 3). شاخص برداشت تحت تأثیر

واکنش غلات به کود نیتروژن

تلفیق داده‌های مربوط به کلیه آزمایشات تحت بررسی نشان داد که واکنش عملکرد دانه و ماده خشک گندم به نیتروژن از فرم درجه دو تبعیت دارد (شکل 4). عملکرد دانه با افزایش نیتروژن تا حدود 50 کیلوگرم در هکتار به صورت خطی افزایش یافت و سپس تقریباً ثابت گردید و نهایتاً در سطوح نیتروژن بالاتر از 150 کیلوگرم در هکتار کاهش یافت. عملکرد ماده خشک گندم نیز پاسخی مشابه با عملکرد دانه به کاربرد نیتروژن نشان داد (شکل 4).

شاخص برداشت که نسبت این دو متغیر می‌باشد واکنش قابل توجهی به سطوح نیتروژن نداشته باشد (شکل 4). فراتحلیل ارائه شده در شکل 3 مربوط به هر سه محصول تحت بررسی است، در حالی که به نظر می‌رسد غلات واکنش‌های متفاوتی به کاربرد کود نیتروژن داشته باشند. بنابراین در ادامه تأثیر نیتروژن برای هر محصول به تفکیک مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل 4- رابطه عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت گندم با سطوح کود نیتروژن مصرف شده در آزمایشات تحت بررسی
Fig. 4- Response of wheat seed yield, dry matter yield and harvest index to nitrogen used levels in experiments

داشتند (شکل 6) و افزایش نیتروژن مصرفی تا 90 کیلوگرم در هکتار هر دو صفت را افزایش داد. مشابه بودن واکنش عملکرد ماده خشک و دانه به نیتروژن باعث شده است تا در این محصول نیز شاخص برداشت تحت تأثیر کود نیتروژن قرار نگیرد (شکل 6).

وجود فرم درجه دو در واکنش عملکرد سه محصول تحت بررسی به افزایش نیتروژن کودی بیان کننده نوعی بازده نزولی در سطوح بالای کود می‌باشد که به لحاظ آماری و زراعی به تأیید رسیده است (Nelson et al., 1985). البته سراتو و بلاکمر (Cerrato &

در ذرت نیز مشابه گندم رابطه بین عملکرد دانه و ماده خشک با افزایش مقدار نیتروژن فرم درجه دو داشت (شکل 5). البته شدت پاسخ در مورد عملکرد ماده خشک به‌ویژه در سطوح نیتروژن بالاتر از 150 کیلوگرم در هکتار بیشتر از عملکرد دانه بود. شاخص برداشت در مورد ذرت نیز واکنش محسوسی به افزایش مقدار نیتروژن نشان نداد (شکل 5).

در برنج بر خلاف گندم و ذرت، عملکرد دانه و ماده خشک هر دو پاسخ خطی به مقادیر نیتروژن به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی

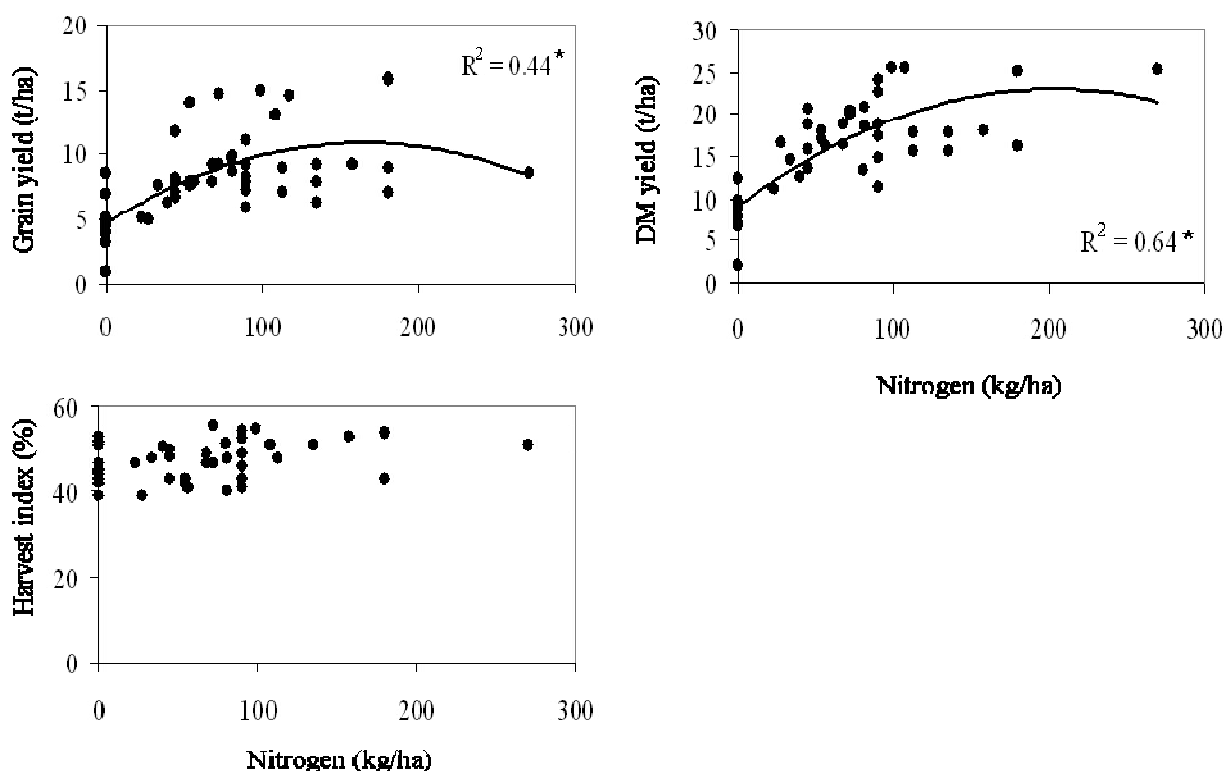
افزایشی گزارش کردند.

فرامرزی و همکاران (Faramarzi et al., 2003) گزارش کردند که عملکرد دانه و ماده خشک ذرت با مصرف 160 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت خطی افزایش یافت ولی با کاربرد بیشتر نیتروژن تا میزان 220 کیلوگرم در هکتار بی تغییر ماند.

در مورد برنج اغلب مطالعات تحت بررسی وجود پاسخ خطی را تأیید کردند، برای مثال، نحوی و همکاران (Nehvi et al., 2003) نشان دادند که عملکرد برنج در دامنه صفر تا 175 کیلوگرم در هکتار اوره به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش می یابد. تیموریان و همکاران (Teymorian et al., 2005) کود اوره را در دامنه صفر تا 200 کیلوگرم در هکتار مصرف و تأثیر معنی داری بر عملکرد برنج مشاهده نکردند.

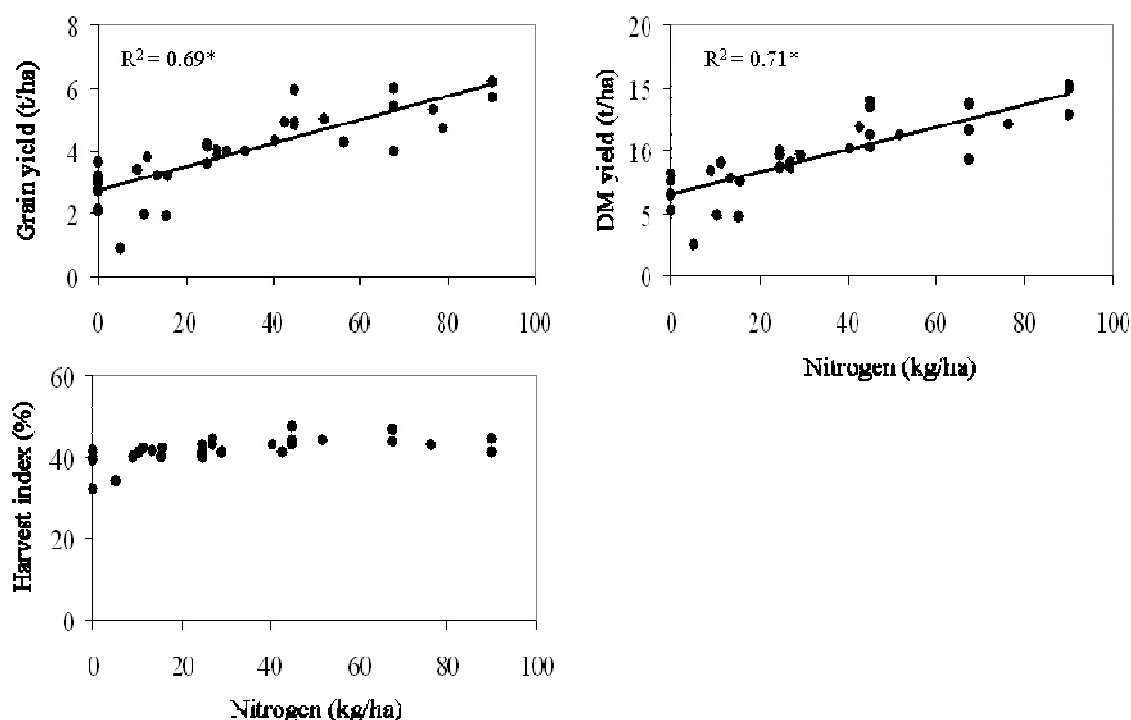
شاخص برداشت در غلات تحت کنترل ژنتیکی است (Kiniry et al., 2004) و در نتیجه در مقایسه با عملکرد دانه واکنش کمتری به کودهای نیتروژنه نشان می دهد.

(Blackmer, 1990) با برازش انواع منحنی های پاسخ به کود در گیاهان زراعی مختلف و تحلیل آماری این معادلات نشان دادند که معادله درجه دوم که نهایتاً به ثبات برسد بهترین فرم آماری برای توصیف واکنش گیاهان به کود نیتروژنی می باشد. در مطالعه حاضر نیز اگرچه منحنی های پاسخ با ثبات نهایی و بدون بازده نزولی ضریب تبیین قابل قبولی داشتند (نشان داده نشده است) ولی به دلیل رواج بیشتر آن ها از فرم درجه دو استفاده شد. این روند با نتایج اغلب مطالعات تحت بررسی که به طور مستقل انجام شده اند انطباق دارد البته نقطه نزول منحنی در مقادیر تحت بررسی بسیار متفاوت است. برای مثال، امام و همکاران (Emam et al., 2005) با بررسی سطوح نیتروژن از صفر تا 150 کیلوگرم در هکتار نشان دادند که عملکرد دانه و ماده خشک گندم تا 150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافته و در سطوح بالاتر بی تغییر می ماند. در حالی که بحرانی و همکاران (Bahrani & Tahmasebi Sarvestani, 2006) واکنش عملکرد گندم به نیتروژن را در دامنه کودی صفر تا 160 کیلوگرم در هکتار



شکل 5- واکنش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت ذرت به سطوح کود نیتروژن مصرف شده در آزمایشات تحت بررسی

Fig. 5- Response of corn seed yield, dry matter yield and harvest index to nitrogen used levels in experiments



شکل 6- واکنش عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت برنج به سطوح کود نیتروژن مصرف شده در آزمایشات تحت بررسی
Fig. 6- Response of rice seed yield, dry matter yield and harvest index to nitrogen used levels in experiments

برداشت گندم تحت تأثیر نیتروژن قرار نگرفت و در تمام سطوح کودی با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 7). در مورد ذرت عملکرد دانه و ماده خشک واکنش یکسانی به افزایش سطوح نیتروژن نداشتند. عملکرد ماده خشک در با افزایش نیتروژن به‌طور معنی‌داری بهبود یافت و در دامنه کودی 50-100 کیلوگرم در هکتار بیشترین اختلاف را با شاهد داشت و این برتری تا بالاترین سطوح کودی نیز مشهود بود (شکل 8). اگرچه عملکرد ماده خشک در مقادیر 100-150 و بیشتر از 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن با شاهد قابل توجه بود ولی با توجه به این‌که اندازه اثر موزون در این دو دامنه کودی یکسان می‌باشند (شکل 8) می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملکرد ماده خشک بین این دو دامنه اختلاف معنی‌داری ندارند، بنابراین به‌نظر می‌رسد که حداکثر ماده خشک در مقادیر بین 100-150 کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل می‌شود. عملکرد دانه ذرت در دامنه کودی 50-100 کیلوگرم در هکتار حداکثر بود و سایر سطوح کودی عملکرد دانه را نسبت به شاهد به‌طور جدی تغییر ندادند. مشابه گندم شاخص برداشت ذرت نیز در هیچیک از سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (شکل 8).

به‌علاوه افزایش عملکرد دانه و ماده خشک در پاسخ به کودهای نیتروژنه تا حد زیادی همسان بوده و این امر باعث بی‌تغییر ماندن شاخص برداشت می‌شود (Austin et al., 1998). نتایج ارائه شده در شکل‌های 3، 4 و 5 نشان می‌دهد که گندم، ذرت و برنج به‌ویژه از نظر عملکرد دانه و ماده خشک واکنش‌های متفاوتی به سطوح کود نیتروژن به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی دارند. بنابراین لازم است که نتایج ارائه شده در شکل 3 به تفکیک هر محصول مجدداً در معرض فراتحلیل قرار گیرد.

مقایسه آماری بین سطوح کود نیتروژن به تفکیک گیاهان زراعی

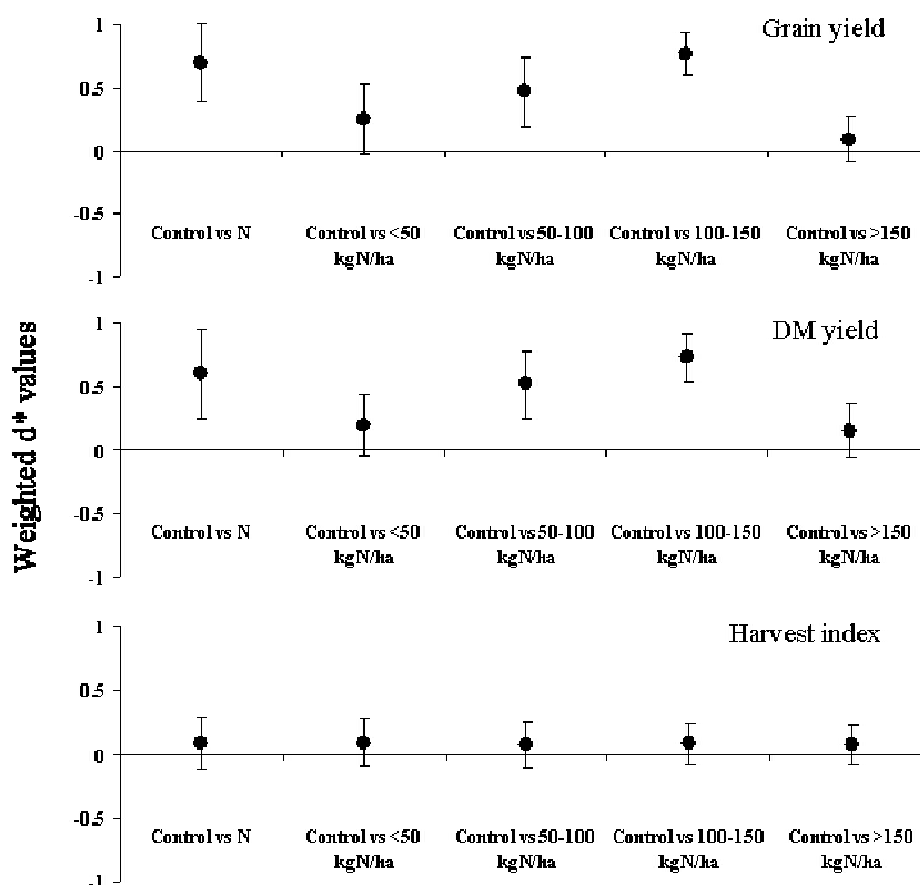
در گندم تغییرات عملکرد دانه و ماده خشک در سطوح مختلف کودهای نیتروژنه یکسان بود (شکل 7). برای هر دو صفت افزایش نیتروژن تا 50 کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری را با شاهد ایجاد نکرد و تأثیر نیتروژن در دامنه کودی 100-150 کیلوگرم در هکتار به حداکثر رسید. عملکرد دانه و ماده خشک سطوح نیتروژن بیشتر از 150 کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشتند که تأییدی بر بازده نزولی نیتروژن در مقادیر زیاد می‌باشد. شاخص

تأثیر نیتروژن بر شاخص برداشت که در اغلب آزمایشات تحت بررسی نیز گزارش شده است با یافته‌های سایر محققین در انطباق است. برای مثال، پنگ و همکاران (Peng, 2000) بیان داشتند که شاخص برداشت برنج بیش از عوامل مدیریتی در کنترل عوامل وراثتی بوده و پتانسیل ژنتیکی این صفت به اشباع رسیده است. یوآ و همکاران (Yua, 2012) نیز گزارش کردند که تأثیر روش‌های مدیریت بر افزایش شاخص برداشت برنج اندک بوده و این صفت فیزیولوژیک تحت کنترل ژنتیکی است. کنترل ژنتیکی شاخص برداشت در گندم (Austin et al., 1998) و ذرت (Kiniry et al., 2004) نیز به تأیید رسیده است.

فرا تحلیل انجام شده بر روی هر محصول که نتایج آن در شکل-های 7، 8 و 9 ارائه شده پراکندگی موجود در آزمایشات مستقل را برطرف کرده و معیار واحدی را برای مقایسه فراهم می‌سازد.

واکنش عملکرد ماده خشک و دانه برنج به افزایش نیتروژن مشابه بود به‌طوری‌که این دو عملکرد در مقادیر نیتروژن کمتر از 25 کیلوگرم در هکتار تفاوتی با شاهد نداشتند، ولی با در سطوح کودی بالاتر تفاوت آن‌ها با شاهد معنی‌دار بود (شکل 9). به‌علاوه مقدار اندازه اثر موزون شده تجمعی در بالاترین سطح کودی به‌طور قابل توجهی بیشتر از سایر سطوح بود (شکل 9) بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که عملکرد ماده خشک و دانه برنج در دامنه نیتروژن به کار رفته در آزمایشات تحت بررسی (90-10 کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافته است. در برنج نیز تفاوت شاخص برداشت بین شاهد و تیمارهای کودی اختلاف معنی‌داری با صفر نداشت (شکل 9).

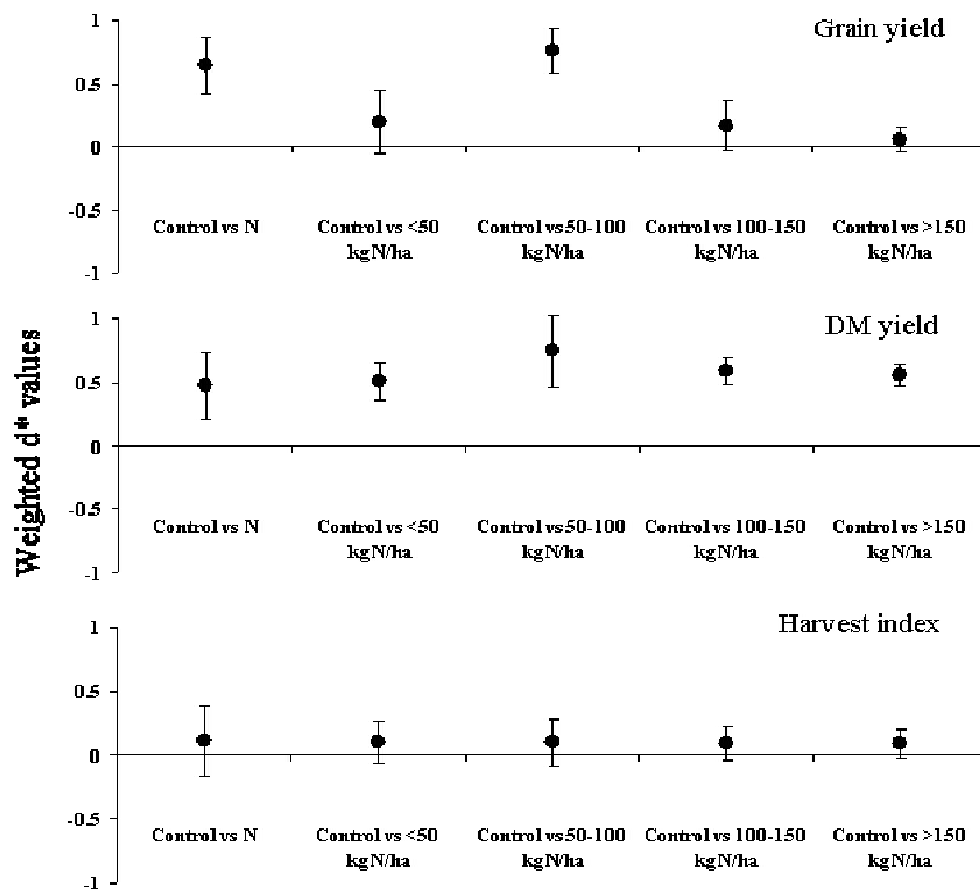
به‌طور کلی، نتایج نشان داد که تأثیر نیتروژن کودی بر عملکرد دانه و ماده خشک معنی‌دار و بر شاخص برداشت ناچیز است. عدم



شکل 7- مقایسه تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گندم

خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثر تجمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 7- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on wheat dry matter yield, seed yield and harvest index
Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.



شکل 8- مقایسه تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت ذرت خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثر جمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 8- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on corn dry matter yield, seed yield and harvest index Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

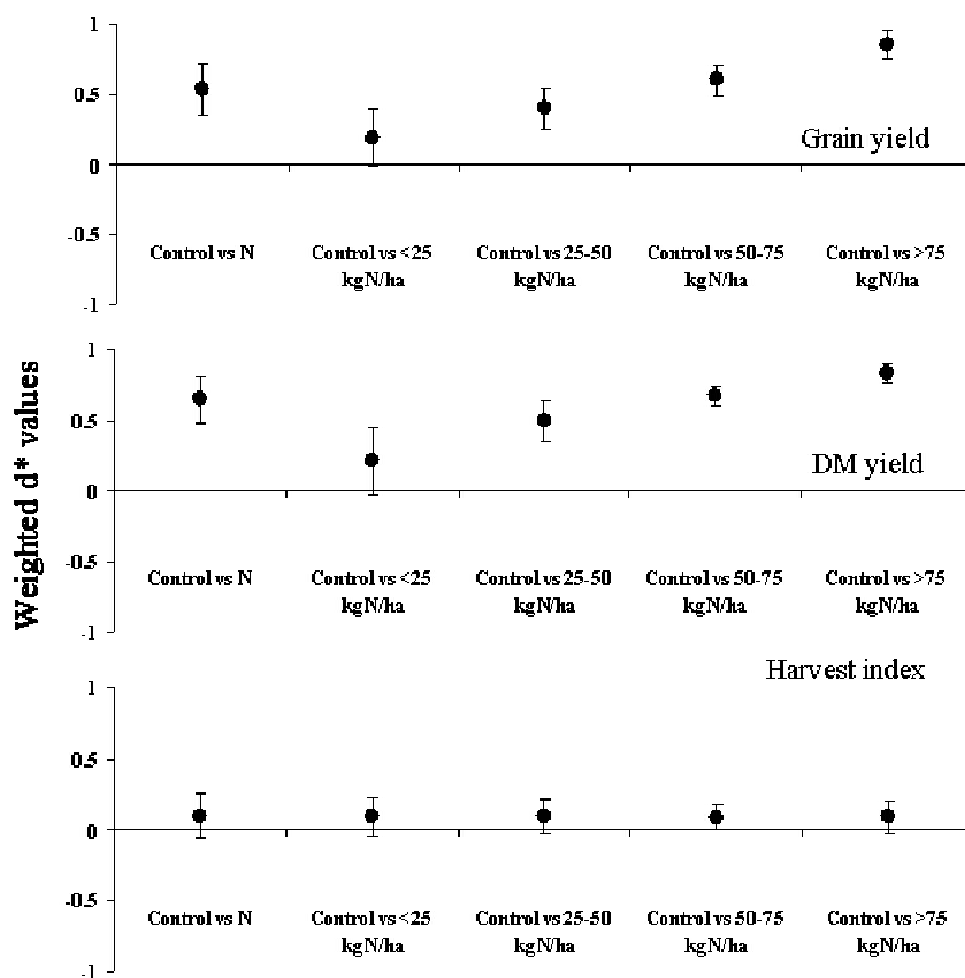
قرار نگرفت. از سوی دیگر شافع و همکاران (Shafea et al., 2011) گزارش کردند که حداکثر عملکرد دانه ذرت با مصرف 260 کیلوگرم در هکتار اوره (120 کیلوگرم نیتروژن) حاصل شد و افزایش میزان کود به 400 کیلوگرم در هکتار (180 کیلوگرم نیتروژن) عملکرد دانه را به طور معنی داری کاهش داد.

البته باید توجه داشت که این تنوع علاوه بر برخی جنبه‌های آماری از جمله ضریب تغییرات و تعداد تکرار در آزمایشات به شرایط اقلیمی، نوع خاک و عوامل مختلف دیگری نیز مربوط می‌باشند. میزان نیتروژن معدنی خاک از جمله ویژگی‌های تأثیرگذار بر نتایج آزمایشات کودی است. دوبرمن و کاسمن (Dobermann & Cassman, 2004) بیان داشتند که بین میزان نیتروژن معدنی خاک (نیتروژن قابل استفاده) و مقدار نیتروژن کودی مورد نیاز گیاهان زراعی نوعی

مثال‌هایی از این تنوع را می‌توان در پژوهش‌های حسینی و همکاران (Hosseini et al., 2008)، شهسوار و همکاران (Shahsavari, 2005)، امام و همکاران (Emam et al., 2005)، میران زاده و همکاران (Miran Zadeh et al., 2005)، نارکی و همکاران (Naraki et al., 2009) مشاهده کرد که حداکثر عملکرد دانه گندم را به ترتیب در مقادیر 180، 100، 50، 80، 75 و 160 کیلوگرم در هکتار کود اوره گزارش کردند. چنین وضعیتی در مورد ذرت نیز مشهود است. مجیدیان و غدیری (Mjidian & Ghadiri, 2010) با مطالعه تأثیر نیتروژن در دامنه صفر تا 600 کیلوگرم در هکتار اوره نشان دادند که عملکرد ذرت با مصرف 400 کیلوگرم اوره در هکتار (180 کیلوگرم نیتروژن) به حداکثر رسید و در سطوح بالاتر کاهش یافت به علاوه شاخص برداشت ذرت تحت تأثیر سطوح کودی

که در خاک‌های با بافت متوسط حداکثر نیاز کودی گندم زمانی که نیتروژن معدنی خاک صفر باشد، معادل 145 کیلوگرم نیتروژن در هکتار است.

رابطه خطی معکوس وجود دارد. شیب این خط به گونه زراعی بستگی داشته و در مورد گندم حدود یک می‌باشد یعنی به ازای هر واحد نیتروژن قابل استفاده خاک در عمق 0-100 سانتی‌متری به همان میزان از نیاز کودی گیاه کاسته می‌شود. این مطالعات نشان داده است



شکل 9- مقایسه تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت برنج خطوط عمودی فاصله اطمینان اندازه اثر جمعی موزون شده در بین آزمایشات تحت بررسی است.

Fig. 9- Comparison of different levels of nitrogen fertilizer on rice dry matter yield, seed yield and harvest index Vertical lines is the confidence interval size of weighted cumulative effect in the experiments.

نسبت به سایر غلات کمتر می‌باشد (Singh, 2005). از سوی دیگر، نتایج برخی مطالعات حاکی از آن است که عملکرد دانه و ماده خشک برنج با افزایش مصرف نیتروژن تا 150 کیلوگرم در هکتار افزایش و آن پس تا حدود 270 کیلوگرم در هکتار تقریباً ثابت می‌ماند (Yua et al., 2012). بنابراین باید توجه داشت که نتایج فراتحلیل صرفاً در

در آزمایشات تحت بررسی سطح تیمارهای به کار رفته روی برنج از 90 کیلوگرم نیتروژن در هکتار بالاتر نبود. البته پایین بودن مقدار نیتروژن در آزمایشات تا حدودی قابل توجیه است زیرا شواهد نشان داده است که برنج در مقایسه با گندم و ذرت قابلیت بیشتری در استفاده از نیتروژن معدنی خاک داشته و در نتیجه نیاز کودی آن

ملی و منطقه‌ای بیش از هر عاملی تابع جمعیت می‌باشد (Zhang, 2007) و کشور ما با داشتن یک درصد جمعیت جهان سالانه در حدود دو درصد کودهای نیتروژنه جهان را در بخش کشاورزی مصرف می‌کند در حالی که میانگین عملکرد غلات کشور اندکی کمتر از میانگین جهانی است. بنابراین به نظر می‌رسد مقدار قابل توجهی از این کود اتلاف می‌شوند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که علی‌رغم مطالعات فراوان در رابطه با تأثیر نیتروژن بر عملکرد غلات در کشور، نتایج حاصل بسیار متنوع بوده و از پراکندگی زیادی برخوردار است. این موضوع باعث شده است که علی‌رغم سابقه طولانی در به‌کارگیری این نهاده مهم در بخش کشاورزی، کاربرد بهینه آن هنوز مشخص نباشد. فراتحلیل به‌عنوان یک روش قدرتمند آماری ابزار مناسب و دقیقی را برای تلفیق نتایج آزمایشات مستقل فراهم نمود و دامنه‌های مشخصی را برای نیاز نیتروژنی غلات اصلی کشور معین ساخت. در این مطالعه مقایسات آماری بین سطوح کودی تنها براساس عملکرد انجام گرفت در حالی که ابعاد اکولوژیکی کاربرد نیتروژن نیز بر اهمیت می‌باشند. پژوهش‌های بیشتر برای مقایسه انواع کارایی، سلامت خاک و جنبه‌های زیست محیطی مصرف نیتروژن و سایر کودهای شیمیایی با استفاده از فراتحلیل، امکانات وسیع‌تری را جهت طراحی و مدیریت پایدار بوم نظام‌های کشاورزی کشور فراهم می‌سازد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوه طرح شماره 21322/2 مصوب 1390/12/20 معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

دامنه تیمارهای کودی به‌کار رفته در آزمایشات تحت بررسی قابل استناد می‌باشد.

تنوع در کارایی استفاده از نیتروژن بین آزمایشات تحت بررسی از جمله عوامل مهمی است که باعث تفاوت در نتایج می‌شود. به‌طور کلی میانگین کارایی مصرف یا بهره‌وری نیتروژن در آزمایشات تحلیل شده پایین و بین 30 تا 50 کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده متغیر بود البته در مواردی به 60 کیلوگرم دانه به ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی نیز می‌رسید (داده‌ها نشان داده نشده است). کارایی نامطلوب مصرف نیتروژن که عمدتاً ناشی از پایین بودن کارایی جذب آن است مهمترین عامل مصرف زیاد این نهاده در سطح جهان و به‌ویژه آسیا می‌باشد (Cassman et al., 2002). کارایی مصرف نیتروژن در غلات که در سال 1965 میلادی 224 کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن مصرفی بوده در سال 1985 به 52 و در سال 2000 به 44 کیلوگرم دانه به ازای کیلوگرم نیتروژن کودی تقلیل یافته است (Good et al., 2004). این روند در قرن حاضر نیز ادامه داشته و میانگین کارایی مصرف نیتروژن در کشورهای در حال توسعه سالانه 1 تا 2 درصد کاهش می‌یابد (FAO, 2010). به‌علاوه باید توجه داشت بهره‌وری نیتروژن در شرایط آزمایشی به‌مراتب بالاتر از مزارع است (Cassman et al., 2002) و در نتیجه کشاورزان کود بیشتری نسبت به مقدار توصیه شده مصرف می‌کنند که به‌نوبه خود مشکلات جدی را برای محیط زیست و سلامتی انسان به‌وجود خواهد آورد.

نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهد که مصرف کودهای شیمیایی در مقیاس

منابع

- Austin, R.B., Bringham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.L., and Taylor, M. 1998. Genetic improvement in winter wheat yield since 1980 and associated physiological changes. *Journal of Agricultural Science* 84: 675.
- Bahrani, A., and Tahmasebi Sarvestani, Z. 2006. Effects of rate and time of nitrogen fertilizer on yield, yield component, and dry matter remobilization efficiency in two winter wheat cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Sciences Islamic Azad University* 12(2): 369-376. (In Persian with English Summary)
- Cassman, K.G., Dobermann, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen management. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 31(2): 132-140.
- Cerrato, M.E., and Blackmer, A.M. 1990 Comparison of models for describing; corn yield response to nitrogen fertilizer. *Agronomy Journal* 82: 138-143.
- Dobermann, D.I., and Cassman, K.G. 2004. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain

- production of United States and Asia. *Plant and Soil* 247: 153-175.
- Emam, Y., Ahmadi, A., and Pesarak-li, M. 2005. Effect of different methods of cultivation with residue management and nitrogen levels on wheat yield and yield component in Fars province conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41(4): 841-850. (In Persian with English Summary)
- FAO. 2010. Fertilizer Requirements in 2015 and 2030. Food and Agriculture Organization on the United Nations, Rome.
- Good, A.G., Sherawat, A.K., and Muench, D.G. 2004. Can less yield more? Is reducing nutrient input into the environment compatible with maintaining crop production? *Trends in Plant Science* 9: 597-605.
- Gurevitch, J., and Hedges, L.V. 1999. Statistical issues in ecological meta-analyses. *Ecology* 80: 1142-1149.
- Gurevitch, J., Morrow, L.L., Wallace, A., and Walsh, J.S. 1992. A meta-analysis of competition in field experiments. *The American Naturalist* 140(4): 539-572.
- Hedges, L.V., Gurevitch, J., and Curtis, P.S. 1999. The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology* 80: 1150-1156.
- Hosseini, R., Galeshi, S., Soltani, A., and Kalateh, M. 2011. The effect of nitrogen on yield and yield component in modern and old wheat cultivars. *Iranian Society of Agronomy and plant Breeding Sciences* 4(1): 187-199. (In Persian with English Summary)
- Kazemi Poshtmassari, H., Pirdashti, H.A., Bahmanyar, M.A., and Nassiri, M. 2006. Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Pajouhesh and Sazandegi* 20(1): 68-78. (In Persian with English Summary)
- Kiaer, L.P., Skovgaard, M., and Østergard, H. 2009. Grain yield increase in cereal variety mixtures: A meta-analysis of field trials. *Field Crops Research* 114: 361-373.
- Kiniry, J.R., Bean, B., Xie, U., and Chen, P. 2004. Maize yield potential: critical processes and simulation modeling in a high-yielding environment. *Agricultural Systems* 82: 45-56.
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Moradi, R., and Alizadeh, Y. 2011. Meta-analysis of agro biodiversity in Iran. *Journal of Agroecology* 1(2): 1-16. (In Persian with English Summary)
- Liao, C.Z., Peng, R.H., Luo, Y.Q., Zhou, X.H., Wu, X.W., Fang, C.M., Chen, J.K., and Li, B. 2008. Altered ecosystem carbon and nitrogen cycles by plant invasion: a metaanalysis. *New Phytologist* 177: 706-714.
- Lu, M., Zhou, X., Luo, Y., Yang, Y., Fang, C., Chen, J., and Li, B. 2001. Minor stimulation of soil carbon storage by nitrogen addition: A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 140: 234-244.
- Luo, Y.Q., Hui, D.F., and Zhang, D.Q. 2006. Elevated CO₂ stimulates net accumulations of carbon and nitrogen in land ecosystems: a meta-analysis. *Ecology* 87: 53-63.
- Miran Zadeh, H., and Emam, Y. 2010. The effect of nitrogen and Cloro-macovat-clorid on seed yield, dry matter and water efficiency on 4 cultivars of wheat. *Iranian Journal of Field Crops Research* 8(6): 636-645. (In Persian with English Summary)
- Nahvi, M., Allahgholipour, M., Ghorbanpour, M., and Mehrgan, H. 2005. The effective of planting density and nitrogenous fertilizer rate for GRH1 rice hybrid. *Pajouhesh and Sazandegi* 66: 33-38. (In Persian with English Summary)
- Naroki, F.A., Vaezi, B., and Bavi, V. 2009. Determination amount of advisable nitrogen for improving quantity and quality characters of three new durum wheat lines. *Iranian Journal of Crop Sciences* 41(3): 583-595. (In Persian with English Summary)
- Nelson, L.A., Voss, R.D., and Pesek, J.T. 1985. Agronomic and Statistical Evaluation of Fertilizer Response. P. 53-90. In: O.P. Engelstad (Ed.) *Fertilizer Technology and Use*. 3rd ed. ASA, Madison.
- Peng, S., Laza, R., Visperas, R., Sanico, A., Cassman, K.G., and Khush, G. 2000. Grain yield of rice cultivars and lines developed in the Philippines since 1966. *Crop Science* 40: 307-314.
- Piotto, D. 2008. A meta-analysis comparing tree growth in monocultures and mixed plantations. *Forest Ecology and Management* 255: 781-786.
- Rahimi Zadeh, M., Zarea Feizabdi, A., and Kashani, A. 2011. Effect of before planting, nitrogen fertilizer and returning crop residue on wheat growth and yield. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(2): 211-221. (In Persian with English Summary)
- Rosenberg, M.S., Adams, D.C., and Gurevitch, J. 2000. *MetaWin: statistical software for meta-analysis*. Sunderland, MA: Sinauer Associates.

- Rotundo, J.L. and Westgate, M.E. 2009. Meta-analysis of environmental effects on soybean seed composition. *Field Crops Research* 110: 147-156.
- Shahsavari, N., and Saffari, M. 2005. The effect of different levels of nitrogen on the function and elements of the varieties of wheat in Kerman. *Pajouhesh and Sazandegi* 66(4): 82-87. (In Persian with English Summary)
- Singh, U. 2005. Integrated nitrogen fertilization for intensive and sustainable agriculture. *Journal of Crop Improvement* 15: 259-287.
- Statistics of Agriculture. 2011. Available at: www.maj.ir
- Teimoorian, M., Galavi, M., Pirdashti, H., and Nassiri, M. 2009. Yield and yield components of three rice (*Oryza sativa* L.) cultivars in response to source-sink limitations and different nitrogen fertilizer. *Journal of Plant Production* 16(3): 49-65.
- Tonnito, C., David, M.B., and Drinkwater, L.E. 2006. Replacing bare fallows with cover crops in fertilizer-intensive cropping systems: A meta-analysis of crop yield and dynamics. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 112: 58-72.
- Valkama, E., Risto, U., Ylivainio, K., Virkajarvi, P., and Turtola, E. 2009. Phosphorus fertilization: A meta-analysis of 80 years of research in Finland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 130: 75-85.
- Yua, Y., Huang, Y., and Zhang, W. 2012. Changes in rice yields in China since 1980 associated with cultivar improvement, climate and crop management. *Field Crops Research* 136: 65-75.
- Zhang, W., and Zhang, X. 2007. A forecast analysis on fertilizer consumption worldwide. *Environmental Monitoring and Assessment* 133: 427-434.



A Meta Analysis on Nitrogen Fertilizer Experiments on Cereal Crops in Iran

A. Koocheki^{1*}, M. Nassiri Mahallati¹, S. Bakhshaei² and A. Davari³

Submitted: 06-05-2013

Accepted: 02-12-2013

Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Bakhshaei, S., and Davari, A. 2017. A meta analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. *Agroecology* 9(2): 296-313.

Introduction

Though chemical fertilizers increase crop production, their overuse has hardened the soil, decreased fertility, strengthened pesticides, polluted air and water, and released greenhouse gases, thereby bringing hazards to human health and environment as well. Using of chemical fertilizer in agriculture has a history of more than fifty years in Iran. Recently, nitrogen fertilizer has shared more than 61 percent of the chemical fertilizer in our country. The role of chemical fertilizers especially nitrogen fertilizers in agricultural production has been widely studied over the past 50 years and in our country a considerable amount of research in universities has been dedicated to studying in this field. Meta-analysis is a method for analyzing the results of various studies on a subject. In fact, meta-analysis is a type of research on other research to re-examine the various studies carried out on a particular topic, compare them statistically and, using specific statistical techniques, the results of all those studies combine into a single result. Experiments on the effects of nitrogen fertilizers on cereals yield have a long history in Iran. However, because of high variation in the results, a final conclusion is not readily achieved.

Material and Methods

In this study, the effect of different levels of nitrogen fertilizers on yield and yield components of cereals (wheat, corn and rice) over the past 20 years have been investigated. So, 46 papers were selected and the information was extracted from them. To overcome such a difficulty meta-analysis was used to combine and re-analyze the data of independent experiments. For this, 46 published papers related to nitrogen application on cereals including 23, 14 and 9 papers, respectively on wheat, corn and rice were selected based on criteria to satisfy the required data for meta-analysis. Fertilizer application rates for wheat, corn and rice varied in the range of 20-250, 25-275 and 10-90 kg.ha⁻¹ N, respectively.

Results and Discussion

About 86% of the experiments used treatments between 25 and 150 kg.ha⁻¹ nitrogen, and the frequency of nitrogen levels above 200 kg.ha⁻¹ was very low in corn experiments. In the case of wheat, the range of nitrogen levels in the experiments was between 20 and 250 kg.ha⁻¹. In rice, the range of nitrogen uptake was far more limited than wheat and corn, and it was between 10 and 90 kg.ha⁻¹. On average in all nitrogen levels, grain yield of wheat, corn and rice compared to control were increased by 2477, 4699 and 1509 kg.ha⁻¹, respectively. Meta-analysis results showed that nitrogen fertilizers significantly increased both grain yield and biological yield of the studied cereals. However, harvest index was not statistically affected. Maximum grain and biological yields were attained by 50-100 and 100-150 kg.ha⁻¹ N, respectively. Meta-analysis was also conducted for each crop separately. The results indicated that optimal nitrogen levels for the grain and biological yields were 75-100 and 100 kg.ha⁻¹ N except corn. For corn maximum amount could be achieved from 50-100 kg.ha⁻¹ N for grain yield and from 50-100 kg.ha⁻¹ N for biological yield. For rice, maximum of grain and biological yields were reported by 75-90 kg.ha⁻¹ N. The studied cereals harvest index showed no significant response to nitrogen fertilizers.

Conclusion

The results of this study showed that despite the long history of using these inputs in the agricultural sector, the optimal use is still unclear. In this study, statistical comparisons between fertilizer levels were performed,

1, 2 and 3- Professors, former PhD student in Agroecology (Payam-e Noor University Lecturer) and PhD student in Agroecology, Department of Agronomy, Faculty Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.26798

while the ecological dimensions of nitrogen application were also significant. Further studies can compare types of efficacy, soil health and environmental aspects of nitrogen use and other chemical fertilizers; provide a wider range of possibilities for sustainable field management and sustainable management of the country.

Keywords: Corn, Grain yield, Harvest index, Rice, Wheat



تأثیر کودهای آلی و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.)

عقیل روحی نوق¹، علیرضا کوچکی^{2*}، رضا قربانی²، پرویز رضوانی مقدم² و سارا بخشائی³

تاریخ دریافت: 1390/12/09

تاریخ پذیرش: 1391/12/07

روحی نوق، ع، کوچکی، ع.ر، قربانی، ر، رضوانی مقدم، پ، و بخشائی، س. 1396. تأثیر کودهای آلی و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.). بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 314-325.

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای آلی و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های گیاه دارویی بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.) آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 1389-90 انجام گرفت. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از پنج سطح کود آلی (گاوی، گوسفندی، مرغی، کمپوست زباله شهری و بدون کود) و سه سطح تراکم (20، 30 و 40 بوته در متر مربع). صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش میزان موسیلاژ، فاکتور تورم، میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ، عملکرد دانه و عملکرد موسیلاژ بود. نتایج نشان داد که اثر کود بر شاخص‌های کیفی به جز عملکرد موسیلاژ و دانه معنی‌دار نبود. اثر تراکم بر عملکرد موسیلاژ و تورم معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد کیفی با استفاده از کودهای آلی به ویژه کود مرغی و در تراکم 40 بوته در متر مربع حاصل شد. بدین ترتیب، می‌توان به اثر کودهای آلی به عنوان یک منبع تغذیه مناسب برای گیاهان دارویی اشاره نمود.

واژه‌های کلیدی: تورم، کمپوست، کود دامی، موسیلاژ

مقدمه

غذایی و سلامتی برای انسان دارد (Razavi & Karazhiyan, 2009). اما مهم‌تر از همه این است که این بذرها به دلیل مقادیر زیاد موسیلاژ هنگامی که خیس می‌شوند آب را سریعاً جذب و بی‌درنگ با پوششی از موسیلاژ بی‌مزه، مات، خاکستری و بسیار چسبنده پوشانده می‌شود (Razavi et al., 2009; Bahramparvar et al., 1960; Parsa, 2011; Karazhiyan, 2009; Moghaddam et al., 2011). این دانه‌ها به عنوان لینت‌بخش در رفع سرفه ناشی از سرماخوردگی (Parsa, 2005; Naghibi et al., 1960; Morton, 1990) و نیز به عنوان تقویت کننده، مدر و محرک استفاده سنتی دارد (Naghibi et al., 2005). همچنین به منظور رفع خونریزی لثه‌ها، التهاب (Morton, 2011; Malik et al., 1990) بیماری‌های روانی و تشنجات، تقویت کبد و کلیه به کار می‌رود (Zargari, 1998; Ghannadi &

بالنگو (*Lallemantia royleana* Benth.) گیاهی دارویی و یکساله از خانواده نعناعیان بوده که حاوی اسانس و موسیلاژ است (Zarezadeh et al., 2007). پارسا (Parsa, 1960) و مورتون (Morton, 1990) بیان کردند که این گیاه در ایران، پاکستان، افغانستان، ترکمنستان و شمال هند در ارتفاع بالای 900 متر وجود دارد. مهمترین ویژگی گیاه بالنگو در بذرها این گیاه نهفته است. این بذرها منبع خوبی از فیبر، روغن و پروتئین است و خصوصیات دارویی

1، 2 و 3- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد اگروکولوژی، استاد و دانش آموخته دکتری اگروکولوژی (مدرس دانشگاه پیام نور)، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51329

(Zolfaghari, 2003).

شکل معدنی است که نمی‌تواند بلافاصله پس از کاربرد قابل جذب برای گیاه باشد. کاربرد کود مرغی هم فرآورده‌های زیستی و هم فرآورده‌های شیمیایی و تغییرپذیری فسفر خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Codling, 2006; He et al., 2006; Dail et al., 2007). کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه و شاخص برداشت گیاه دارویی بالنگو در مقایسه با شاهد شد (Roohi, 2011). همچنین کمپوست به عنوان یک منبع غنی از عناصر غذایی به مرور زمان مواد غذایی را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. این امر خصوصاً در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که عمدتاً از حاصلخیزی پایینی برخوردارند، علاوه بر افزایش ماده آلی خاک و تا حدی کاهش اسیدیته، فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان را از طریق بازیافت مؤثر آن‌ها باعث شده و می‌تواند خصوصیات فیزیکی شیمیایی و بیولوژیکی این خاک‌ها را بهبود بخشد. کاربرد پسماندهای آلی و به‌ویژه کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب می‌تواند چاره‌ای برای حل دو مشکل باشد؛ مورد اول، مصرف زباله‌های خانگی و صنعتی و مورد دوم اصلاح مقدار کم ماده آلی در بسیاری از خاک‌های کشاورزی می‌باشد (Iglesias Jimenez & Perez Garcia, 1989; Aggelides & Londra, 2000; Peigne & Girardin, 2004; Mkhabela & Warman, 2005; de Araujo et al., 2010). روحی (Roohi, 2011) گزارش کرد که بیشترین عملکرد ماده خشک بالنگو در تیمارهای کود مرغی و کمپوست زباله شهری حاصل شد.

خاصیت دارویی گیاهان دارویی ناشی از متابولیت‌های ثانویه موجود در آن‌هاست که فقط زمانی که آن‌ها در محیط طبیعی و تحت شرایط ادافیکی خاص، تنش، رقابت، همزیستی و تهدید شکارچیان رشد می‌کنند، بروز می‌یابد (Omidbeigi, 1995). مواد مؤثره اگرچه اساساً با هدایت فرآورده‌های ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی تولید آن‌ها به طور بارزی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، به طوری که عوامل محیطی سبب بروز تغییراتی در رشد و نمو گیاهان دارویی و نیز کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌شود (Chung et al., 2010; D'Antuono et al., 2002). یکی از پیش شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد کیفی بالا، تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است. دستیابی به این هدف با تغییر تراکم بوته و توزیع بوته‌ها در واحد سطح زمین میسر است (Willey & Heath, 1969). از آن‌جا که در رابطه با تراکم مناسب و تأثیر نوع و مقدار کودهای

با آن که رویکرد انسان به فرآورده‌های دارویی گیاهی پیشینه‌ای طولانی دارد، ولی از حدود نیمه دوم قرن بیستم مسئله افزایش تولید این فرآورده‌ها در سطح مزارع و باغات شکل علمی نو به خود گرفت و بهره‌وری از گیاهان پرورشی مربوطه به جای انهدام و مصرف گیاهان رویشی طبیعت، جایگاهی تازه و بی‌سابقه یافت (Omidbeigi, 1995). هنگامی که گیاهان از محیط طبیعی‌شان جابه‌جا می‌شوند تغییر در ترکیبات شیمیایی آن‌ها می‌تواند مشاهده شود. اگر گیاه در محیط دیگری غیر از زادگاه بومی آن کشت شود و آبیاری و تغذیه معدنی صورت گیرد، این تغییر بیشتر بروز می‌کند (Prinsloo et al., 2008). به منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی در واحد سطح، عملیات زراعی متعددی نظیر مصرف کودهای شیمیایی صورت می‌گیرد. نتیجه این فعالیت‌ها طی سال‌های اخیر، بروز بحران‌های زیست محیطی و به‌ویژه آلودگی منابع خاک و آب بوده که زنجیره‌وار به منابع غذایی انسان‌ها راه یافته و سلامت جامعه بشری را مورد تهدید قرار داده است. به این منظور تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب به منظور بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی نیازمند به کارگیری فن-آوری‌های نوین زراعی است. از جمله این تکنیک‌ها استفاده از کودهای آلی می‌باشد. استفاده از کودهای آلی در کشاورزی باعث بهبود ساختمان خاک می‌شود (Amusan et al., 2011). از آن-جایی که رویکرد جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کیفیت، کمیت و سلامت ماده مؤثره می‌باشد، لذا به نظر می‌رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد این کودها، با اهداف تولید گیاهان دارویی تطابق بیشتری داشتند (Khaosad et al., 2006). کود گاوی منبع با ارزشی به عنوان ماده آلی برای خاک می‌باشد که مقادیر مناسبی از عناصر پرمصرف و کم مصرف را برای گیاه تأمین می‌کند و جایگزین کم هزینه‌ای برای کودهای معدنی می‌باشد (Lazcano et al., 2008). کود گوسفندی نیز از طریق تأمین مواد غذایی باعث بهبود وضعیت مواد غذایی معدنی می‌شود و رشد گیاهان در این چنین خاکی بهبود می‌یابد (Jalali & Ostovarzadeh, 2011). روحی (Roohi, 2011) گزارش کرد که کود گاوی و گوسفندی باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی و وزن هزاردانه بالنگو نسبت به شاهد شد. کود مرغی شامل نسبت زیادی از فسفر به

آلی بر این گیاه دارویی هیچ گونه گزارشی مشاهده نشد و از طرفی با توجه به اینکه افزایش زیست توده دارای حداکثر ماده مؤثره و عاری از بقایای مواد شیمیایی بسیار مطلوب می باشد، لذا این آزمایش به منظور یافتن مناسب ترین تراکم کشت و مؤثرترین کود آلی برای به دست آوردن بالاترین خصوصیات کیفی دانه بالنگو در شرایط آب و هوایی مشهد انجام شد.

مواد و روش ها

این مطالعه بخشی از آزمایش اثر کودهای آلی مختلف و تراکم بوته بر خصوصیات کیفی گیاه دارویی بالنگو است که در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ۲۸° ۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ۱۵° ۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) در سال

زراعی ۱۳۸۹-۹۰ به اجرا در آمد. مراحل آماده سازی زمین شامل شخم اولیه، در پاییز و تسطیح زمین توسط لولر و همچنین ایجاد جوی و پشته توسط ردیف ساز قبل از کاشت در اسفندماه سال ۱۳۸۹ انجام گرفت. قبل از اجرای آزمایش، خاک مزرعه و تیمارهای کودی مورد آنالیز شیمیایی قرار گرفت (جدول های ۱ و ۲). با توجه به این که این پژوهش بر مبنای اصول کشاورزی کم نهاده بود، مبنای محاسبات کودی با توجه به گیاهان مشابه و هم خانواده، ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار در نظر گرفته شد. بنابراین باتوجه به میزان عناصر غذایی موجود در خاک (جدول ۱) و همچنین درصد نیتروژن موجود در هر یک از کودها (جدول ۲) هر یک از کودهای گاوی، گوسفندی، مرغی و کمپوست به ترتیب به مقدار ۶/۸۵۳، ۲/۴۷۹، ۱/۳۴۰ و ۵/۰۸۳ کیلوگرم در هر کرت که معادل ۱۱/۵، ۴/۲، ۲/۲ و ۸/۵ تن در هکتار است، قبل از کاشت اعمال شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کاشت

Table 1- Physical and chemical properties of soli before planting

بافت Texture	پتاسیم (پی پی ام) K (ppm)	فسفر (پی پی ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	pH
سیلت لومی Loamy silt	125	23	0.08	1.5	7.5

جدول ۲- درصد عناصر موجود در کودهای مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Percentage of elements in the fertilizers used in experiment

نوع کود Fertilizer type	نیتروژن (درصد) N (%)	فسفر (درصد) P (%)	پتاسیم (درصد) K (%)
کود گاوی Cow manure	0.89	0.1	1.2
کود مرغی Chicken manure	4.55	1.23	1.88
کود گوسفندی Sheep manure	2.46	0.34	1.43
کمپوست زباله شهری Municipal solid waste compost	1.2	1.11	1.35

مربع بود. فاصله کرت ها از یکدیگر نیم متر و فاصله بلوک ها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. بذر مورد استفاده از توده بومی شمال خراسان بود که از بازار تهیه شد. کشت در تاریخ ۱۳۸۹/۱۲/۲۲ در روی ردیف ها و بدون در نظر گرفتن تراکم انجام گرفت. به منظور ممانعت از خشک شدن خاک و اختلال در جوانه زنی، دو آبیاری اولیه

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به ابعاد ۱۲×۳۸ متر اجرا شد. تیمارهای آزمایش کودهای آلی در پنج سطح (کود گاوی، کود مرغی، کود گوسفندی و کمپوست زباله شهری) و تراکم در سه سطح (۲۰، ۳۰ و ۴۰ بوته در مترمربع) بود. ابعاد کرت های آزمایش در ابعاد ۳×۲ متر-

عنوان فاکتور تورم گزارش گردید.

مقدار تورم برای هر گرم موسیلاژ که به عنوان عامل اصلی کیفیت بذر مورد توجه قرار می‌گیرد، از طریق معادله 1 تعیین گردید.

$$(1) \quad 100 \times \text{فاکتور تورم} = \frac{\text{مقدار تورم برای هر گرم موسیلاژ}}{\text{مقدار موسیلاژ}}$$

عملکرد موسیلاژ برای هر هکتار از طریق معادله 2 محاسبه و بر حسب کیلوگرم موسیلاژ در هکتار بیان شد.

$$(2) \quad (\text{عملکرد دانه} \times \text{مقدار موسیلاژ}) = \text{عملکرد موسیلاژ}$$

داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS Ver. 9.1 تحت آنالیز واریانس ANOVA قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار MS Excel Ver. 11 انجام گرفت.

نتایج و بحث

مقدار موسیلاژ

همان‌گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود تیمارهای کودی هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر مقدار موسیلاژ بذرها نداشتند، با این وجود بیشترین مقدار موسیلاژ (0/19 گرم موسیلاژ در هر گرم بذر) مربوط به تیمارهای کود کمپوست زباله شهری و کود گوسفندی بود (جدول 4). تبریزی (2004) (Tabrizi) بیان نمود که سطوح مختلف کود دامی بر روی مقدار موسیلاژ دو گونه اسفرزه و پسیلیوم تأثیر معنی‌داری نداشت.

جدول 3 نشان می‌دهد که تراکم نیز اثر معنی‌داری بر مقدار موسیلاژ بالنگو نداشت، با این وجود بیشترین مقدار موسیلاژ (0/19 گرم) در تراکم 20 بوته در متر مربع حاصل شد (جدول 4). دری و علمدار (2007) (Dorri & Alamdar) گزارش کردند که سطوح مختلف مقدار مصرف بذر در هنگام کاشت تأثیری بر مقدار موسیلاژ اسفرزه (*Plantago ovata* Forssk.) نداشت. نتیجه این آزمایش با نتایج پژوهش دری (2008) (Dorri) مطابقت دارد. کالن و همکاران (2005) (Callan et al.) بیان کردند که در سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) با افزایش تراکم، غلظت ماده مؤثره کاهش یافت. تراکم بر ماده مؤثره ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Caruso & Villari, 2007) و آویشن (*Thymus vulgaris* L.) (Al-

هر چهار روز و پس از آن، آبیاری با دور هفت روز تا پایان فصل رشد انجام گرفت. با توجه به این که تراکم یکی از تیمارهای مورد بررسی در این طرح بود، لذا تنک کردن بوته‌ها برای اعمال تراکم نهایی با دست و در مرحله چهار تا شش برگی انجام شد. وجین علف‌های هرز در دو مرحله و به صورت دستی انجام گرفت. به منظور تعیین عملکرد و خصوصیات کیفی، برداشت از یک متر مربع هر کرت صورت گرفت. با توجه به این که موسیلاژ بالنگو به شدت به بذر چسبیده است، لذا برای اندازه‌گیری مقدار موسیلاژ با تغییرات جزئی در دستگاه آبمیوه‌گیری موسیلاژ بذر استخراج شد. به این صورت که ابتدا تیغه‌های میانی بخش قیف مانند دستگاه که برای آبمیوه‌گیری استفاده می‌شود را در تراشکاری برداشته و سطح داخلی آن کاملاً صاف شد. برداشتن تیغه‌های میانی به این علت بود که در اثر وجود تیغه‌ها بذر شکسته می‌شد و آسیب می‌دید. بنابراین، یک بخش قیف مانند حاصل شد که دیواره‌های آن پر از سوراخ‌های ریز (قطر سوراخ‌ها کمتر از 0/5 میلی‌متر) بود و دانه بالنگو نمی‌توانست از آن خارج شود. اساس کار بر پایه نیروی گریز از مرکز بود. مقدار پنج گرم بذر به مدت 24 ساعت در 200 میلی‌لیتر آب مقطر خیسانده شد تا موسیلاژ آن کاملاً در اطراف بذر متورم شود. سپس هر نمونه که تقریباً به حالت ژله در آمده بود پس از گرم کردن در داخل دستگاه در حال چرخش ریخته شد. موسیلاژ بذور پس از برخورد به دیواره‌ها سست شده و از سوراخ‌های دیواره خارج شدند. بدین ترتیب، بذرها در داخل دستگاه باقی مانده و موسیلاژ جدا می‌شد. در نهایت، بذرها از داخل دستگاه جمع‌آوری، با مقداری آب مقطر مخلوط شده و عمل فوق مجدداً تکرار شد. این عمل برای هر نمونه پنج بار تکرار گردید، به‌طوری‌که پس از این مرحله، بذرها کاملاً عاری از موسیلاژ بود. سپس موسیلاژ که همراه با مقدار زیادی آب بود در داخل ظروف نسوز قرار داده شد. سپس این ظروف به مدت 24 ساعت در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. پس از آن ظروف توزین گردید و از تقریبی وزن ظرف خالی از وزن ظرف حاوی موسیلاژ (که به صورت لایه‌ای نازک و کاملاً خشک به ته ظرف چسبیده بود) مقدار موسیلاژ هر نمونه محاسبه گردید.

به منظور تعیین فاکتور تورم یک گرم بذر درون استوانه مدرج 25 میلی‌لیتر ریخته شد و حجم بذر خشک درون لوله مشخص شد. سپس استوانه تا حجم 20 میلی‌لیتر از آب مقطر پر شد. پس از 24 ساعت افزایش حجم اشغال شده توسط دانه‌ها درون آب اندازه‌گیری شد و به

(Ramamneh, 2009) نیز تأثیر داشت. همچنین سنتز بتائین در گیاه لیسیم باربارم (*Lycium barbarum* L.) در تیمار کود ارگانیک از تیمار کود شیمیایی بیشتر و عملکرد و جذب نیتروژن در گیاه تیمار شده با کود ارگانیک بیشتر بود (Chung et al., 2010). بررسی‌های انجام گرفته حاکی از آن است که ساخت مواد مؤثره گیاهان دارویی تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی است (Al-Ramamneh, 2009). معنی‌دار نشدن اثرات کود و تراکم بر مقدار موسیلاژ بالنگو به

این معنی است که مقدار موسیلاژ تحت تأثیر کود و تراکم قرار نگرفته و تغییرات این صفت از روند خاصی تبعیت نمی‌کند، لذا می‌توان نتیجه گرفت که این صفت تحت تأثیر وراثت بوده و یا آن‌که این گونه صفات کمتر تحت تأثیر تراکم و کود قرار می‌گیرند. از طرف دیگر، از آن‌جا که تولید موسیلاژ در گیاه مکانیزمی در برابر تنش خشکی می‌باشد، چون در این آزمایش هیچ تنشی اعمال نشده بود، بنابراین مقدار موسیلاژ در تیمارهای مختلف تغییری نداشت.

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم و کود بر برخی ویژگی‌های بالنگو

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for effect of density and manure on some characteristics of balangu

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield	میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ Swelling rate per g mucilage	فاکتور تورم Swelling factor	مقدار موسیلاژ Amount of mucilage
تکرار Replication	2	365	68.7	559	0.6	0.0003
تراکم Density	2	117990**	3530**	579	2.28*	0.0005
کود Manure	4	95930**	3798**	658	0.38	0.0003
کود×تراکم Manure×Density	8	16395**	633**	720	0.95	0.0004
خطای آزمایش Error	28	3143	143	868	0.64	0.0007
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		16	18.3	26	5.52	14.2

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

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

بر خلاف نتایج این آزمایش، محققان متعددی بیان کردند که انواع کودها اثر معنی‌داری بر سنتز مواد مؤثره گیاهان دارویی دارد (Asgharipour & Smitha et al., 2010; Costa et al., 2008; Lin et al., 2007; Berimavandi et al., 2011; Rafiei, 2011; Lakhdar et al., 2011)، در مقابل برخی دیگر از محققان (Tabrizi, 2004; Zupancic et al., 2001) نیز بیان کردند که سنتز مواد مؤثره گیاهان دارویی تحت تأثیر کود قرار نمی‌گیرد.

فاکتور تورم

کودهای آلی بر تورم بذر بالنگو اثر معنی‌داری نداشتند (جدول 3)، با این وجود بیشترین تورم (14/8 میلی‌لیتر) مربوط به کود کمپوست زباله شهری بود (جدول 4). تبریزی (Tabrizi, 2004) نیز عنوان کرد که اثر سطوح مختلف کود دامی بر تورم بذر دو گونه اسفرزه و پسلیوم

(*Plantago major* Forssk.) معنی‌دار نبود، اما او به نقل از سایر محققان بیان کرد که با افزایش مقدار کود نیتروژن، مقدار تورم بذر اسفرزه کاهش یافت، همچنین سطوح مختلف فسفر و کودهای بیولوژیکی اثری بر روی تورم و موسیلاژ بذر اسفرزه نداشت و تأثیر کاربرد نیتروژن و فسفر بر تورم پسلیوم معنی‌دار نبود. پالاسیو و همکاران (Palacio et al., 2007) نیز بیان داشتند که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کود گوسفندی و کود شیمیایی در اسانس و ماده خشک گیاه کارکوئه جا (*Baccharis trimera* L.) مشاهده نشد. اثر تیمار تراکم بر تورم معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 3). بیشترین تورم در تیمار تراکم 20 بوته در متر مربع و کمترین تورم در تیمار تراکم 40 بوته در متر مربع به ترتیب به میزان 15 و 14/2 میلی لیتر در هر گرم بذر حاصل شد (جدول 4). تبریزی (Tabrizi, 2004) بیان نمود که بذر گونه‌های مختلف در حالی که موسیلاژ ثابتی دارند

دارای تورم متفاوت می‌باشند. میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ

گاو با مقدار 96/5 میلی‌لیتر در هر گرم موسیلاژ به‌دست آمد (جدول 4). سطوح مختلف تراکم نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ نداشت (جدول 3)، در عین حال، بیشترین میزان تورم برای هر گرم بذر در تراکم 40 بوته در هکتار به میزان 49/2 میلی‌لیتر به‌دست آمد (جدول 4).

نتایج این بررسی حاکی از آن است که میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ در نتیجه کاربرد تیمارهای کود آلی معنی‌دار نشد (جدول 3)، با این وجود بیشترین میزان تورم برای هر گرم موسیلاژ در تیمار کود

جدول 4- مقایسه میانگین اثرات ساده کودهای آلی و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های بالنگو
Table 4 – Mean comparison of means of simple effects between different organic fertilizer and plant density on some characteristics of balangu

تیمار Treatment	فاکتور تورم (میلی‌لیتر) Swelling Factor (mL)	میزان تورم در هر گرم موسیلاژ (میلی‌لیتر در گرم) Swelling rate per g mucilage (mL.g ⁻¹)	عملکرد موسیلاژ (کیلوگرم در هکتار) Mucilage yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
گاو Cow	14.3 ^{a*}	79.2 ^a	51.2 ^c	284 ^c
گوسفندی Sheep	14.3 ^a	76.2 ^a	74.2 ^b	388 ^b
مرغی Chicken	14.3 ^a	77.5 ^a	87.9 ^a	474 ^a
کود شهری Municipal solid waste compost	14.3 ^a	77.1 ^a	75.6 ^b	392 ^b
شاهد Control	14.3 ^a	96.5 ^a	37.1 ^d	208 ^d
تراکم Density	20 40 60	15 ^a 14.4 ^{ab} 14.2 ^b	47.2 ^a 44.6 ^a 49.2 ^a	260 ^c 349 ^b 437 ^a

* میانگین‌های با حروف متفاوت برای هر فاکتور، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.
*Means with different letters for each factor are significantly different based on Duncan tests at $p \leq 0.05$.

عملکرد دانه

3). به طوری که بیشترین عملکرد دانه (437 کیلوگرم در هکتار) در تراکم 40 بوته در متر مربع بدست آمد (جدول 4). آزمایشات دیگری روی سایر گیاهان نیز این نتیجه را تأیید کرد. برای مثال، نوروزپور و رضوانی‌مقدم (Norozpoor & Rezvani Moghaddam, 2007) بیان نمودند که عملکرد بذر در اسفرزه تحت تأثیر مقادیر مختلف بذر قرار گرفت. در سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) نیز بالاترین عملکرد در حداکثر تراکم به‌دست آمد (Callan et al., 2005). اثر متقابل کود و تراکم نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول 3)، به طوری که بیشترین عملکرد دانه (605 کیلوگرم در هکتار) در نتیجه تیمار کود کمپوست و تراکم 40 بوته در متر مربع به‌دست

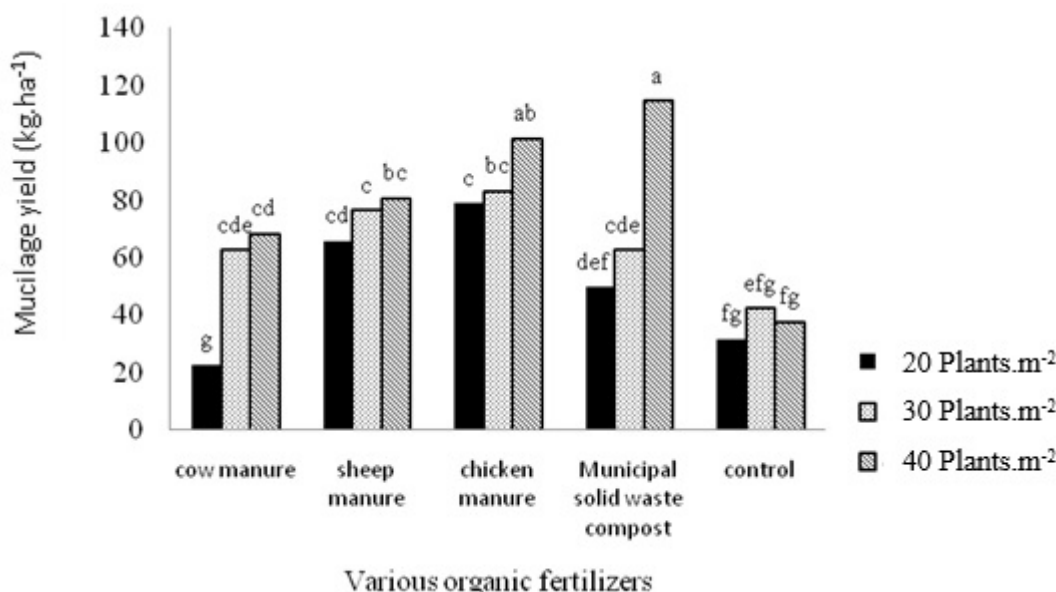
همان‌گونه که در جدول 3 مشاهده شد کودهای آلی اثر معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بر عملکرد دانه بالنگو داشتند. تیمار کود مرغی از این نظر دارای بیشترین اثر بود (472 کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه نیز از تیمار شاهد (208 کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول 4). به نظر می‌رسد که کود مرغی از طریق بهبود شاخص‌های بیولوژیکی خاک باعث رشد بیشتر گیاه شد. اموسان و همکاران (Amusan et al., 2011) گزارش کردند که کود مرغی باعث افزایش معنی‌دار عملکرد گیاه ذرت (*Zea mays* L.) و ماده آلی خاک شد. اثر تراکم بوته نیز بر عملکرد دانه معنی‌دار ($p \leq 0/05$) بود (جدول

آمد، اگرچه با تیمار کود مرغی در تراکم 40 بوته در متر مربع تفاوت معنی‌داری نداشت و با کاهش تراکم، عملکرد دانه نیز کاهش یافت (جدول 4).

عملکرد موسیلاژ

همان‌گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود عملکرد موسیلاژ تحت تأثیر تیمارهای کود آلی قرار گرفت ($p \leq 0/05$). بیشترین مقدار عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار کود مرغی به میزان 87/9 کیلوگرم موسیلاژ در هکتار و کمترین مقدار عملکرد موسیلاژ مربوط به تیمار شاهد با مقدار 37/1 کیلوگرم موسیلاژ در هکتار بود (جدول 4). به‌رغم این‌که کودهای آلی تأثیر معنی‌داری بر مقدار موسیلاژ نداشتند ولی با توجه به تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه (Roohi, 2011) و از آنجا که عملکرد موسیلاژ حاصل‌ضرب عملکرد دانه در مقدار موسیلاژ است (معادله 2)، این نتیجه قابل توجیه است.

تیمار تراکم نیز اثر معنی‌داری ($p \leq 0/05$) بر عملکرد موسیلاژ داشت (جدول 3). به طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد موسیلاژ برای



شکل 1- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای آلی و تراکم بر عملکرد موسیلاژ بالنگو

Fig. 1- Mean comparison for interaction effects of organic fertilizers and plant density on mucilage yield of balangu

میانگین‌های با حروف متفاوت، براساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد دارند.

Means with different letters are significantly different based on Duncan's tests at $p \leq 0.05$.

Asparagus officinalis) نشان دادند که مقدار فلاونوئید و فنون حاصل از عصاره ریشه مارچوبه تحت تأثیر کودهای آلی قرار گرفت.

سایکا و آپادیایا (Saikia & Upadhyaya, 2011) ضمن کاربرد کودهای گاوی، کمپوست و ورمی‌کمپوست در کشت مارچوبه (L.

به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارهای کودی تأثیری بر خصوصیات کیفی بالنگو به جز عملکرد موسیلاژ نداشتند، اما عملکرد موسیلاژ تحت تأثیر کودهای آلی افزایش یافت. با توجه به این که تیمارهای کودی تأثیر معنی‌داری بر مقدار موسیلاژ بذر نداشتند و با توجه به این که عملکرد موسیلاژ حاصل ضرب مقدار موسیلاژ در عملکرد دانه است می‌توان گفت که افزایش عملکرد موسیلاژ ناشی از افزایش عملکرد دانه است و این نتیجه نیز ثابت می‌کند که خصوصیات کیفی تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت. از بین خصوصیات کیفی بالنگو، تنها تورم و عملکرد موسیلاژ تحت تأثیر تیمار تراکم بوته قرار گرفت. به‌نظر می‌رسد عملکرد موسیلاژ به‌دلیل تأثیر تراکم بر عملکرد دانه معنی‌دار شده است. عدم تأثیر تیمار تراکم بوته بر خصوصیات کیفی بالنگو نشان می‌دهد که این خصوصیات تحت کنترل ژنتیکی بوده و یا این که کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد.

آن‌ها بیان کردند که شرایط رشد می‌تواند بر تولید متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی مؤثر باشد. گزارش شده است که کاربرد کودهای آلی عملکرد اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) را افزایش دادند (Kandil et al., 2002). کوددهی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با نیتروژن، سولفور یا کود مرغی نه تنها رشد و عملکرد گیاه را افزایش داد، بلکه کیفیت و مواد غذایی دانه را نیز بهبود بخشید (Elsheikh & Elzidany, 1997). بورلا و همکاران (Borella et al., 2011) در گیاه همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تأثیر سه تیمار کودی نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در تعداد گل وزن گل خشک و اسانس گیاه بین تیمار کود آلی (50 تن بر هکتار کود گاوی) و تیمار کود شیمیایی و شاهد وجود داشت، اما مقدار فلاونوئید تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت.

نتیجه‌گیری

منابع

- Aggelides, S.M., and Londra, P.A. 2000. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and a clay soil. *Bioresource Technology* 71: 253-259.
- 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.
- Amusan, A.O., Adetunji, M.T., Azeez, J.O., and Bodunde, J.G. 2011. Effect of the integrated use of legume residue, poultry manure and inorganic fertilizers on maize yield, nutrient uptake and soil properties. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 90: 321-330.
- Asgharipour, M., and Rafiei, M. 2011. Effect of different organic amendments and drought on the growth and yield of basil in the greenhouse. *Advances in Environmental Biology* 5: 1233-1239.
- Bahramparvar, M., Haddad Khodaparast, M.H., and Razavi, S.M. 2009. The effect of *Lallemantia royleana* L. (Balangu) seed, palmate-tuber salep and carboxymethyl cellulose gums on the physicochemical and sensory properties of typical soft ice cream. *International Journal of Dairy Technology* 62: 571-576.
- Berimavandi, A.R., Hashemabadi, D., Ghaziani, M.V.F., and Kaviani, B. 2011. Effects of plant density and sowing date on the growth, flowering and quantity of essential oil of *calendula officinalis* L. *Journal of Medicinal Plant Research* 5: 5110-5115.
- Borella, J.C., Ribeiro, N.S., Freato, A.M.R., Mazzo, K.F., and Barbosa, D.M. 2011. Influence of fertilization and mulching on the productivity and flavonoid content of *Calendula officinalis* L. (Asteraceae). *Journal of Medicinal Plant Research* 13: 235-239.
- Callan, N.W., Yokelson, T., Wall-MacLane, S., Westcott, M.P., Miller, J.B., and Ponder, G. 2005. Seasonal trends and plant density effects on cichoric acid in *Echinacea purpurea* (L.) moench. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants* 11: 35-46.
- Caruso, G., and Villari, G. 2007. Effects of plant density on chemical composition of basil grown within gullies by subirrigation. *Acta Horticulturae* 351-356.
- Chung, R.S., Chen, C.C., and Ng, L.T. 2010. Nitrogen fertilization affects the growth performance, betaine and polysaccharide concentrations of *Lycium barbarum*. *Industrial Crops and Products* 32: 650-655.
- Codling, E.E. 2006. Laboratory characterization of extractable phosphorus in poultry litter and poultry litter ash. *Soil Science* 171: 858-864.

- Costa, L.C.B., Rosal, L.F., Pinto, J.E.B.P., and Bertolucci, S.K.V. 2008. Effect of chemical and organic fertilizations in lemon-grass (*Cymbopogon citratus* L.) biomass and essential oil production. *Journal of Medicinal Plant Research* 10: 16-20.
- D'Antuono, L.F., Moretti, A., and Lovato, A.F.S. 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigella sativa* L. and *Nigella damascena* L. *Industrial Crops and Products* 15: 59-69.
- Dail, H.W., He, Z., Erich, M.S., and Honeycutt, C.W. 2007. Effect of drying on phosphorus distribution in poultry manure. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 38: 1879-1895.
- De Araújo, A.S.F., de Melo, W.J., and Singh, R.P. 2010. Municipal solid waste compost amendment in agricultural soil: Changes in soil microbial biomass. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* 9: 41-49.
- Dorri, M.A. 2008. Determination of coloration between yield components with quantity and quality seed yield in *Plantago ovata*. *Pajouhesh and Sazandegi* 79: 173-176. (In Persian with English Summary)
- Dorri, M.A., and Alamdar, M. 2007. Effect of seed rate and planting date on seed mucilage amount of *Palntago ovata* in dry farming condition. *Pajouhesh and Sazandegi* 75: 81-85. (In Persian with English Summary)
- Elsheikh, E.A.E., and Elzidany, A.A. 1997. Effects of *Rhizobium* inoculation, organic and chemical fertilizers on yield and physical properties of faba bean seeds. *Plant Foods for Human Nutrition* 51: 137-144.
- Ghannadi, A., and Zolfaghari, B. 2003. Compositional analysis of the essential oil of *Lallemantia royleana* (Benth. in Wall.) Benth. from Iran. *Flavour and Fragrance Journal* 18: 237-239.
- He, Z., Fortuna, A.M., Senwo, Z.N., Tazisong, I.A., Honeycutt, C.W., and Griffin, T.S. 2006. Hydrochloric fractions in Hedley fractionation may contain inorganic and organic phosphates. *Soil Science Society of America Journal* 70: 893-899.
- Iglesias Jiménez, E., and Perez Garcia, V. 1989. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. *Biological Wastes* 27: 115-142.
- Morton, J.F. 1990. Mucilaginous plants and their uses in medicine. *Journal of Ethnopharmacology* 29: 245-266.
- Jalali, M., and Ostovarzadeh, H. 2011. Effect of sheep manure and EDTA on the leaching of potassium from heavy metals contaminated calcareous soils. *Environmental Earth Sciences* p. 1-7.
- Kandil, M.A.M.H., Salah, A., Elfotowh Omer, E.S., El-Gala, M., Sator, C., and Schnug, E. 2002. Fruit and essential oil yield of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) grown with fertilizer sources for organic farming in Egypt. *Ertrag und ölqualität von Fenchel* 52: 135-139.
- Khaosaad, T., Vierheilig, H., Nell, M., Zitterl-Eglseer, K., and Novak, J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alter the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp.). *Mycorrhiza* 16: 443-446.
- Koocheki, A., Bakhshaei, S., Tabaraie, A., Jafari, L.S. 2012. Evaluation of the effect of plant density and planting pattern on quantitative and qualitative characteristics of balangu (*Lallemantia Royleana* B.). *Journal of Agroecology* 6(2): 229-237. (In Persian with English Summary)
- Lakhdar, A., Falleh, H., Ouni, Y., Oueslati, S., Debez, A., Ksouri, R., and Abdelly, C. 2011. Municipal solid waste compost application improves productivity, polyphenol content, and antioxidant capacity of *Mesembryanthemum edule*. *Journal of Hazardous Materials* 191: 373-379.
- Lazcano, C., Gómez-Brandón, M., and Domínguez, J. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72: 1013-1019.
- Lin, R.Y., Lin, H.S., Sun, X.X., Zhang, Z.Y., Peng, C.H., Li, Z.F., Chen, H., and Lin, W.X. 2007. Effects of fertilizer application on contents of 2-undecanone and soluble carbohydrate in *Houttuynia cordata* with different fertilizers. *Zhongguo Zhongyao Zazhi* 32: 2352-2359.
- Liu, D., Liu, W., Zhu, D., Guo, L., Jin, H., Zuo, Z., and Liu, L. 2010. Effects of phosphate fertilizer on active ingredients and antioxidant activities of *Chrysanthemum morifolium*. *Zhongguo Zhongyao Zazhi* 35: 2236-2241.
- Malik, K., Arora, G., Singh, I., and Arora, S. 2011. *Lallemantia reylenne* seeds as superdisintegrant: Formulation and evaluation of nimesulide orodispersible tablets. *International Journal of Pharmaceutical Investigation* 1: 192-198.
- Mkhabela, M.S., and Warman, P.R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106: 57-67.
- Moghaddam, T.M., Razavi, S.M.A., and Emadzadeh, B. 2011. Rheological interactions between *Lallemantia royleana* seed extract and selected food hydrocolloids. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91: 1083-1088.

- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Motamed, S.M., and Ghorbani, A. 2005. Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research* 2: 63-79. (In Persian with English Summary)
- Norozpoor, G., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). *Pajouhesh and Sazandegi* 73: 133-138. (In Persian with English Summary)
- Omidbeigi, R. 1995. Approach to Production and Processing of Medicinal Plants. Rahan Nashr Press. Tehran, Iran. 286 pp. (In Persian)
- Palacio, C.P.A.M., Biasi, L.A., Nakashima, T., and Serrat, B.M. 2007. Biomass and essential oil yield of carqueja (*Baccharis trimera* DC.) under different nitrogen source and levels. 9: 58-63.
- Parsa, A. 1960. Medicinal plants and drugs of plant origin in Iran. IV. *Qualitas Plantarum et Materiae Vegetabiles* 7: 65-136.
- Peigne, J., and Girardin, P. 2004. Environmental impacts of farm-scale composting practices. *Water, Air, and Soil Pollution* 153: 45-68.
- Prinsloo, G., Viljoen, J., Mofokeng, M., and Ntuli, M. 2008. Cultivation of medicinal plants: Determining the effect of organic fertiliser on the chemical composition of the plants. *South African Journal of Botany* 74: 375.
- Razavi, S.M.A., and Karazhiyan, H. 2009. Flow properties and thixotropy of selected hydrocolloids: Experimental and modeling studies. *Food Hydrocolloids* 23: 908-912.
- Roohi, A. 2011. Effect of organic fertilizers and plant density on quantitative and qualitative characteristics of balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.). MSc Thesis in Agroecology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Saikia, L.R., and Upadhyaya, S. 2011. Antioxidant activity, phenol and flavonoid content of *A.racemosus* Willd. a medicinal plant grown using different organic manures. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences* 2: 457-463.
- Sarab, D., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Makkizadeh, M., and Omid, H. 2008. Changes in essential oil content and yield of basil in response to different levels of nitrogen and plant density. *Journal of Medicinal Plants* 7: 60-70. (In Persian with English Summary)
- Smitha, G.R., Gowda, M.C., Sreeramu, B.S., Umsha, K., and Gowda, A.P.M. 2010. Influence of integrated nutrient management on growth, yield and quality of makoi. *Indian Journal of Horticulture* 67: 395-398.
- Tabrizi, L. 2004. The effect of water stress and manure on yield, yield components and quality characteristics of *Plantago psyllium* and *Plantago psyllium*. MSc Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Wiley, R.W., and Heath, S.B. 1969. The quantitative relationships between plant population and crop yield. *Advances in Agronomy* 281-321.
- Zarezadeh, A., Rezaee, M.B., Mirhosseini, A., and Shamszadeh, M. 2007. Ecological investigation of some aromatic plants from Lamiaceae family in Yazd province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 23: 432-442. (In Persian with English Summary)
- Zargari, A. 1998. Medicinal Plants. Tehran University Press, Tehran, Iran 3750 pp. (In Persian)
- Zupančič, A., Baričević, D., Umek, A., and Kristl, A. 2001. The impact of fertilizing on fenugreek yield (*Trigonella foenum-graecum* L.) and diosgenin content in the plant drug. *Rostlinna Vyroba Journal of Medicinal Plants* 47: 218-224.



Effect of Organic Fertilizers and Plant Density on Qualitative Characteristics of Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.)

A. Roohi Nogh¹, A. Koocheki^{2*}, R. Ghorbani², P. Rezvani Moghaddam² and S. Bakhshaei³

Submitted: 28-02-2012

Accepted: 25-02-2013

Roohi Nogh, A., Koocheki, A., Ghorbani, R., Rezvani Moghaddam, P., and Bakhshaei, S. 2017. Effect of organic fertilizers and plant density on qualitative characteristics of Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.). *Agroecology* 9(2): 314-325.

Introduction

Recently, the impact of chemical farming and the negative consequences on the environment and human health are on rise in Iran. Organic farming is gaining attention and increasing globally because it is eco-friendly, safe and has benefits for human health. The use of organic fertilizers in agriculture improves soil structure. Plant spacing and fertilizer applications have significant influence on the growth and yield in crop production. Optimum plant spacing ensures the proper use of land, as well as growth and nutrition in plants. Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.) is a medicinal plant from Lamiaceae family, containing essential oils and mucilage. The most important feature of this plant is the mucilage of the seeds. The seeds are a good source of fiber, oil and protein, and have medicinal and nutritional properties. Using the appropriate plant density and environmental friendly methods like organic fertilizers can improve the quality and quantity of medicinal plants production.

Material and Methods

In order to study the effect of organic fertilizers and plant density on the qualitative characteristics of Balangu (*Lallenamntia royleana* Benth.) as a medicinal plant, an experiment was conducted at the Research Station of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, during the growing season of 2011-2012. Soil samples were collected from the 15 cm depth of each experimental plots for laboratory analysis. This experiment was carried out as factorial layout based on randomized complete block design with three replications. Treatments were included five levels of fertilizer (cow manure, sheep manure, chicken manure, municipal solid waste compost and control) and three levels of plant density (20, 30 and 40 plants.m⁻²). The studied traits were included amount of mucilage, swelling factor, swelling per g mucilage, mucilage and seed yield. Data were analyzed with SAS software. The F test was used to test the significance of mean squares and means were compared with Duncan's test at the 5% level of probability

Results and Discussion

The results showed that fertilizer treatments had no significant effects on the studies criteria except mucilage and seed yield. Mucilage yield, seed yield and swelling factor were significantly affected by plant density. Maximum quality yield was obtained in treatment of chicken manure and highest plant density (40 plants.m⁻²). The highest amount of mucilage (0.19 g mucilage per g seed) was obtained in treatment of municipal solid waste compost and sheep manure. The highest inflation rate per ml of mucilage was obtained in cow manure treatment (96.5 ml per g of mucilage). Different levels of density had no significant effect on the amount of inflation per g of mucilage. Plant density had significant effect on the seed yield ($p \leq 0.05$). So that the maximum of this trait (437 kg.ha⁻¹) was obtained at 40 plants per m² density.

The highest and lowest amount of mucilage yield were obtained in treatments of 40 and 20 plants.m⁻² density, respectively. The interaction effect between fertilizer and plant density had significant ($p \leq 0.05$) effect on the

1, 2 and 3- Former MSc student in agroecology, Professor and Former PhD student in agroecology (Payam-e Noor University Lecturer), Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51329

seed yield, so that the maximum of this trait (605 kg.ha^{-1}) was obtained in treatment of fertilizer application and 40 plants.m^{-2} density.

Conclusion

In general, the results of this experiment showed that fertilizer treatments had no effect on the quality of Balangao except mucilage, but the organic fertilizers could affect mucilage content. Among the qualitative characteristics of the Balangao, the swelling and mucilage content were affected by the plant density treatments. It seems that the mucilage is significantly affected by the effect of plant density on the seed yield. The lack of the effect of plant density on qualitative characteristics of the Balangao showed that these characteristics are more affected by genetic, not environmental control.

Keywords: Animal manure, Compost, Mucilage, Swelling factor



اثر تراکم بنه و نوع بستر کاشت بر اجزای عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)

عبداله ملافیلابی¹، علیرضا کوچکی^{2*}، پرویز رضوانی مقدم² و مهدی نصیری محلاتی²

تاریخ دریافت: 1392/01/10

تاریخ پذیرش: 1392/07/21

ملافیلابی، ع.، کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، و نصیری محلاتی، م. 1396. اثر تراکم بنه و نوع بستر کاشت بر اجزای عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.). بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 326-341.

چکیده

به منظور بررسی اثر تراکم بنه و نوع بستر کاشت بر خصوصیات زایشی، اجزای عملکرد گل و کلاله زعفران (*Crocus sativus* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به صورت فاکتوریل با سه تکرار در پارک علم و فناوری خراسان رضوی در سال زراعی 1389-90 انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل تراکم بنه در سه سطح 50، 100 و 150 بنه در مترمربع و پنج بستر کاشت شامل 10 تن کمپوست زباله شهری در هکتار، 30 تن کود گاوی پوسیده در هکتار، 20 تن ضایعات بستر قارچ در هکتار، 10 تن خاکپوش کلش گندم (*Triticum astivum* L.) در هکتار و شاهد بودند که همزمان با کاشت بنه زعفران اعمال گردید. صفات مورد مطالعه شامل تعداد گل، وزن گل تر و خشک، وزن کلاله تر و خشک، وزن خامه تر و خشک زعفران بودند. نتایج نشان داد که سطوح تراکم بنه و بسترهای مختلف کاشت اثر معنی‌داری بر عملکرد خامه و کلاله خشک زعفران داشت ($p \leq 0/01$). افزایش تعداد بنه از 50 به 150 بنه در مترمربع، وزن تر گل زعفران را 177 و وزن خشک کلاله را 155 درصد (حدود 2/5 برابر) بهبود بخشید. بیشترین وزن تر و خشک کلاله+خامه در تیمار کاربرد خاکپوش کلش گندم به ترتیب به میزان 14/43 و 2/59 کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در شاهد به ترتیب برابر با 4/31 و 0/81 کیلوگرم در هکتار به دست آمد. اثر متقابل بین تراکم بنه و نوع بستر کاشت در هیچ‌یک از صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج چنین به نظر می‌رسد که به منظور بهبود تولید گل و کلاله زعفران در سال اول، تراکم 150 بنه در مترمربع و بستر کشت خاکپوش کلش گندم را می‌توان توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: تعداد گل، عملکرد کلاله خشک، ماده آلی

مقدمه

72162 هکتار بود که بیش از 70000 هکتار آن در دو استان خراسان رضوی و جنوبی (57000 هکتار خراسان رضوی و 13000 هکتار خراسان جنوبی) بوده است (Jihad Keshavari Khorasan, Razavi, 2012). علی‌رغم سازگاری گیاه زعفران با مناطق وسیعی از کشور، قسمت اعظم این محصول کشاورزی در مناطقی از خراسان مرکزی و جنوبی با وجود خشکی و بارندگی کم، به علت موقعیت مناسب اقلیمی و دانش بومی کشت و کار و تولید می‌گردد. ویژگی‌های خاص این گیاه از جمله نیاز آبی کم، آبیاری در زمان‌های غیر بحرانی نیاز آبی سایر گیاهان، امکان بهره‌برداری از مزارع به مدت چندین سال در یک نوبت، سهولت حمل و نقل، نگهداری محصول، عدم نیاز زراعت آن به ماشین‌آلات ویژه و تکنولوژی پیچیده، توان

زعفران (*Crocus sativus* L.) به عنوان گران‌ترین محصول کشاورزی و دارویی جهان جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر زعفران 3-4 درصد کل ظرفیت سالیانه تجارت جهانی ادویه را منحصر به خود دارد و ظرفیت تولید و تجاری آن در محدوده 250-280 تن در سال است (Sadeghi, 2008). سطح زیر کشت زعفران در ایران در سال 1390 بالغ بر

1 و 2- به ترتیب استادیار گروه زیست فناوری مواد غذایی، پژوهشکده علوم و صنایع غذایی و استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (* - نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)

دارند (Rezvani Moghaddam et al., 2010). به طور کلی، تراکم مناسب بستگی به روش تولید و طول زمان بهره برداری از مزرعه دارد و اگر چه در سیستم های کشت در شرایط کنترل شده امکان کاشت با تراکم های بیشتر از 450 بنه در مترمربع بوده است (Molina et al., 2005). کشت زعفران با تراکم بالا باعث شروع زودتر بهره برداری از مزارع تحت کشت زعفران می شود. بدیهی است که کاشت با تراکم های زیاد فقط در شرایطی منطقی خواهد بود که این محصول به صورت یک ساله کشت شود، زیرا در غیر این صورت به دلیل تکثیر بنه ها در سال دوم تراکم بیش از حد تأثیر منفی بر عملکرد خواهد داشت. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009a) با بررسی اثر عمق و تراکم کاشت بر خصوصیات زراعی زعفران بیان داشتند که بیشترین عملکرد گل و کلاله در کاشت 11 تن بنه در هکتار و عمق کاشت 15 سانتی متر به دست آمد. در مطالعه دیگری کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009b) با بررسی الگوهای مختلف کشت (ردیفی، تصادفی و کپه ای) و تراکم های بنه (4 و 8 و 12 تن در هکتار) دریافتند که بیشترین عملکرد زعفران در الگوی کشت ردیفی همراه با تیمار 12 تن بنه در هکتار به دست آمد.

در بین تحقیقات متنوعی که تا به امروز در ایران صورت گرفته است مسئله تغذیه زعفران همواره از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده و به ابهامات زیادی پاسخ داده است. امید و همکاران (Omidi et al., 2009) به منظور بررسی کود شیمیایی و بیولوژیکی بر عملکرد کمی و کیفی زعفران نشان دادند که تعداد برگ، طول برگ، طول کلاله و نیز عملکرد کلاله خشک زعفران با مصرف کودهای شیمیایی به طور معنی داری افزایش یافت و بالاترین عملکرد در تیمار 150 کیلوگرم کود شیمیایی اوره و تیمار تلفیقی کود زیستی نیتروکسین و شیمیایی به دست آمد. از آن جا که زعفران یک محصول چند ساله می باشد، لذا سازگاری خوبی نسبت به کودهای آلی نشان می دهد. استفاده از کودهای آلی در زراعت زعفران موجب افزایش وزن تازه و خشک و درصد ماده خشک بنه ها شده و میزان ریشه های بنه را افزایش می دهد که این اثرات ممکن است در نتیجه افزایش رطوبت خاک و در نهایت، رشد بهتر گیاه باشد (Behdani et al., 2005). از این رو، کودهای حیوانی نقش مهمی را در عملکرد این گیاه ایفاء می نمایند که این افزایش عملکرد، عمدتاً از طریق بهبود خصوصیات رشدی بنه ها و در نتیجه افزایش وزن آن ها می باشد. به طور کلی، اثر کودهای حیوانی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد زعفران بیشتر از کودهای

جذب نیروی کار زیاد در زمان برداشت گل، اشتغال زایی و در نهایت، جلوگیری از مهاجرت و جذب ارز، موقعیت آن را به ویژه در مناطقی که فاقد استعداد های صنعتی و دارای محدودیت آب کشاورزی هستند مطرح و ممتاز نموده است (Amirghasemi, 2001). میانگین عملکرد زعفران ایران در طی یک دوره 30 ساله 4/8 کیلوگرم در هکتار بوده است و بیشترین عملکرد در ایران در سال های چهارم و پنجم به دست می آید (Mollafilabi, 2000). حداقل میانگین عملکرد سالانه مزارع در طول یک دوره گلدهی هشت ساله 3/8 و حداکثر 15 کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است (Sadeghi, 1993). در صورت رعایت اصول به زراعی و کاربرد نتایج تحقیقات در مزارع زعفران، می توان علاوه بر کوتاه سازی عمر مزارع از میانگین هشت سال به چهار و پنج سال، میانگین عملکرد را نیز تا دو برابر میانگین فعلی کشور افزود (Sadeghi, 1993).

عوامل زیادی مانند اقلیم، بیماری ها، آبیاری، انبارداری و تاریخ کاشت، انواع کودهای شیمیایی، بیولوژیکی و حیوانی در تعیین کمیت و کیفیت زعفران تولیدی نقش به سزایی دارند (Hemati Kakhki & Hosseini, 2003). عملکرد زعفران به عوامل متعددی از قبیل خاک، تراکم، روش کاشت، اندازه بنه، موقعیت جغرافیایی، عوامل جوی مانند نوسانات درجه حرارت به ویژه در زمان گلدهی، میزان بارندگی، مدیریت های زراعی و دوره بهره برداری ارتباط دارد (Habibi et al., 1988). تمپرینی و همکاران (Temperini et al., 2009) با بررسی اثر تراکم های مختلف بنه زعفران در ایتالیا دریافتند که بیشترین وزن خشک کلاله در تیمارهای متوسط تراکم در دو سطح (111 و 119 بنه در مترمربع) و پر تراکم در سه سطح (139، 143 و 179 بنه در مترمربع) به دست آمد. نتایج این مطالعه همچنین مؤید این مطلب است که کمترین وزن خشک برای تراکم 93 بنه در مترمربع مشاهده شد. کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2012b) در تحقیقات خود بیشترین تعداد گل، وزن کلاله تر و خشک و وزن خامه تر زعفران را در سال اول از تراکم 150 بنه در مترمربع به دست آوردند. بدین ترتیب، به نظر می رسد که تراکم بنه یکی از عوامل اصلی دستیابی به عملکرد در گیاه ارزشمند زعفران به ویژه در سال های اولیه محسوب می شود. بنا بر مشاهدات میدانی کاشت پر تراکم زعفران باعث می شود که امکان بهره برداری اقتصادی از مزارع زعفران زودتر فراهم گردد، با این حال بیشتر کشاورزان به منظور صرفه جویی در هزینه های اولیه تولید تمایل به کاشت با تراکم متوسط

شیمیایی گزارش شده است (Kafi et al., 2002). نتایج پژوهش رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2006) نشان داد که مصرف کود گاوی در مقایسه با کود مرغی اثرات بیشتری بر بهبود عملکرد گل و کلاله زعفران دارد.

در ایران بسته به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و عادت زارعین کاربرد 20 تا 80 تن کود گاوی در هکتار توصیه می‌گردد (Amirghasemi, 2001). نتایج تحقیقات مولینا و همکاران (Molina et al., 2005) و امیددگی و همکاران (Omidbaigi et al., 2005) روی زعفران نشان داد که استفاده از کود دامی و بنه‌های بزرگتر موجب افزایش تعداد و عملکرد گل شد. کوچکی و همکاران با انجام مطالعات مختلف گزارش کردند که در سال اول اجرای آزمایش، تقریباً تمامی بنه‌های تولید شده در نتیجه اعمال سطوح مختلف کود دامی دارای وزنی کمتر از 10 گرم بوده و تعداد بسیار کمی از بنه‌های تولید شده در خاک از وزنی بیشتر از 10 گرم برخوردار بودند (Koocheki et al., 2012b; Koocheki et al., 2013). جهان و جهانی (Jahan & Jahani, 2007) نیز در مطالعه تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر گلدهی زعفران، بیشترین افزایش در تعداد گل و نیز وزن خشک کلاله زعفران را در نتیجه کاربرد کود دامی مشاهده کردند. امیری (Amiri, 2008) نیز افزایش سطح برگ، میزان عناصر غذایی در برگ و عملکرد گل و کلاله زعفران را در نتیجه مصرف کود دامی مشاهده کرد. وی همچنین اظهار داشت که کاربرد کود دامی باعث بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مانند میزان مواد آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش عناصری مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم شد. با در نظر گرفتن مواد آلی به عنوان منبع تغذیه‌ای برای بهبود فعالیت میکروارگانیسم‌های خاکری، اعمال کود دامی می‌تواند نقش مؤثری در افزایش رشد و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید در منطقه ریشه داشته باشد (Mohammadi et al., 2010). یکی دیگر از نهاده‌های آلی مورد استفاده به منظور بهبود خصوصیات خاک و رشد و عملکرد گیاهان کمپوست می‌باشد. برخی از اثرهای مفید مصرف این نهاده آلی در کشاورزی شامل فراهمی عناصر غذایی در خاک، کاهش اسیدیته خاک، افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها، کاهش پاتوژن‌های بیماری‌زا و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک است (Alidadi et al., 2013). حفظ و مدیریت بقایای گیاهی مانند مالچ کلش در سیستم‌های زراعی مناطق نیمه‌خشک می‌تواند کاهش تبخیر و رواناب سطحی در خاک را با فراهمی مواد آلی، افزایش فعالیت

میکروارگانیسم‌های مفید در خاک، بهبود ثبات خاکدانه‌ها، افزایش نفوذپذیری و ذخیره آب در خاک، کاهش شدت فرسایش آبی و یا بادی را امکان پذیر کند. همچنین مدیریت صحیح مالچ کلش گندم (*Triticum astivum* L.) در افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی مانند نیتروژن و نیز بهبود عملکرد گیاهان مؤثر است (Bastin et al., 2009; Chen et al., 2005; Limon Ortega et al., 2008; Monzon et al., 2006). دانگا و واکیندیکی (Danga & Wakindiki, 2009) گزارش کردند که کاربرد سطحی مالچ کلشی گندم، ضمن کاهش فرسایش خاک منجر به افزایش غلظت و نیز پویایی عناصر غذایی در خاک شد. علاوه بر این، استفاده از مالچ‌های آلی در سطح خاک می‌تواند نقش مؤثری در تعدیل درجه حرارت خاک ایفاء کند. در این ارتباط گزارش شده است که خاک‌های دارای مالچ و یا کلش سطحی در مقایسه با خاک‌های فاقد پوشش از تعادل حرارتی بالاتری برخوردارند؛ به‌طوری‌که در درجه حرارت بالای محیطی دیرتر گرم شده و از سویی دیگر، در شب حرارت خود را دیرتر از دست می‌دهند (Chen et al., 2005; Foroghifar & Porkasemani, 2000). بنابراین، هدف از اجرای این آزمایش، بررسی اثر تراکم‌های مختلف بنه و نوع بستر کاشت بر مبنای استفاده از کودهای آلی بر عملکرد گل، کلاله و خامه زعفران در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر تراکم بنه و بسترهای مختلف کاشت بر عملکرد اجزای گل زعفران، در پارک علم و فن‌آوری خراسان رضوی واقع در کیلومتر 12 محور مشهد - قوچان با طول جغرافیایی 38 درجه و 59 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 16 درجه و 36 دقیقه شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا در سال زراعی 90 - 1389 انجام شد. قبل از اجرای آزمایش از عمق 0-30 سانتی‌متری خاک نمونه برداری انجام شد که نتایج آن در جدول 1 نشان داده شده است.

زمینی که در سال قبل آیش بود برای اجرای طرح انتخاب و در اردیبهشت ماه شخمی به عمق 30 سانتی با گاوآهن برگردان‌دار زده شد. قبل از کاشت مجدداً عملیات شخم و دیسک در زمین اعمال و سپس زمین تسطیح شد. نظر به اینکه زمین در سال قبل تحت کشت نبوده و با توجه به نتایج آزمایش خاک، 150 کیلوگرم فسفات آمونیوم به عنوان کود پایه همزمان با کشت به زمین داده شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in the experiment

رس (درصد) Clay (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	آهک (درصد) T.N.V (%)	فسفر قابل دسترس (قسمت در میلیون) Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (قسمت در میلیون) Available K (ppm)	اسیدیته pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
40	12	48	10.5	9	200	7.6	0.78	6.78

فاصله ردیف‌های 20 سانتی متر بودند. برای تراکم 50 بنه در مترمربع فواصل بنه روی ردیف 10 سانتی‌متر، تراکم 100 بنه در مترمربع فواصل بنه روی ردیف پنج سانتی‌متر و در نهایت برای تراکم 150 بنه در مترمربع فواصل بنه روی ردیف 3/3 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تیمارهای بستر کاشت همزمان با کشت با خاک مخلوط شدند. مقدار مصرف کمپوست زباله شهری 10 تن در هکتار، ضایعات بستر پرورش قارچ 20 تن در هکتار، کود گاوی پوسیده 30 تن در هکتار و خاکپوش کلش گندم به مقدار 10 تن در هکتار بود. نتایج تجزیه شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده در جدول 2 نشان داده شده است.

بنه‌های مورد کشت از مزرعه‌ای در منطقه باخزر تهیه گردید. بنه‌ها به صورت خشکه‌کشی در مرداد ماه از زمین بیرون آورده شدند و به محل اجرای طرح منتقل و سپس بنه‌ها برای کاشت درجه‌بندی و بنه‌های با وزن هشت گرم به بالا (8 تا 12 گرم) جهت کشت انتخاب و آماده گردید.

تیمارهای آزمایش شامل سه تراکم بنه 50، 100 و 150 بنه در مترمربع و پنج بستر کاشت شامل کمپوست زباله شهری، کود گاوی پوسیده، ضایعات بستر قارچ، خاکپوش کلش گندم و شاهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. کرت‌های آزمایشی با ابعاد یک متر در یک متر و

جدول 2- خصوصیات شیمیایی کمپوست زباله شهری، ضایعات بستر قارچ و کود گاوی
Table 2- Chemical characteristics of municipal solid waste compost, mushroom bed residues and cow manure

کودهای آلی Organic fertilizers	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	اسیدیته pH	نیترژن (درصد) N (%)	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	پتاسیم (قسمت در میلیون) K (ppm)	کلسیم (درصد) Ca (%)	منیزیم (درصد) Mg (%)	آهن (قسمت در میلیون) Fe (ppm)	روی (قسمت در میلیون) Zn (ppm)
کمپوست زباله شهری Municipal solid waste compost	5.33	9.9	7.25	1.33	7500	12500	8.2	7.08	21160	848
ضایعات بستر قارچ Mushroom bed residues	8.5	-	8.25	1.45	1750	12000	3.9	-	20000	340
کود گاوی Cow manure	2.45	3.1	8.8	1.02	1100	5500	0.02	-	-	-

بعد از برداشت گل‌ها و اواخر فروردین در پایان رشد رویشی زعفران انجام گرفت. صفات مورد مطالعه شامل تعداد گل، وزن تر و خشک گل، وزن تر و خشک کلاله به همراه خامه، وزن تر و خشک کلاله و وزن تر و خشک خامه بودند. عملیات برداشت گل روزانه در طول دوره گلدهی انجام گردید. هر روز گل‌های هر کرت جداگانه چیده و تعداد گل، وزن تر گل، عملکرد تر کلاله به همراه خامه، عملکرد تر کلاله و خامه به طور جداگانه تعیین و یادداشت می‌گردید. همچنین در

کاشت بنه‌ها در 23 مرداد و آبیاری اول در 15 مهر ماه (بसार آب) انجام شد. دو روز پس از آبیاری اول، سله‌شکنی انجام شد. شروع گلدهی در تیمار کلش گندم هشتم آبان ماه و پایان گلدهی 29 آبان ماه بود. آبیاری دوم (زائچ آب) پس از پایان جمع‌آوری گل‌ها و ظهور برگ‌ها صورت گرفت. در نیمه اول آذر ماه آبیاری سوم (کولش آب) و در ماه‌های فروردین و اردیبهشت آبیاری‌های چهارم و پنجم (زرد آب) اعمال شد. مبارزه با علف‌های هرز دو بار به صورت دستی در آذر ماه

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تراکم بنه و نوع بستر کاشت بر اجزای عملکرد گل زعفران
3- Analysis variance (mean of squares) for corm densities and bed types impacts on flower yield components of saffron Table

منابع تغییرات S.O.V	تعداد گل No. of Flower	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن تر گلاله خامه Fresh weight of style	وزن تر گلاله Fresh weight of stigma	وزن تر خامه Fresh weight of style	وزن گل Dry weight of flowers	وزن خشک گلاله و خامه Dry weight of stigma and style	وزن خشک گلاله Dry weight of stigma	وزن خشک خامه Dry weight of style
تکرار Block	0.353*	0.194*	0.0618*	0.0532*	0.0389*	0.069*	0.0351*	0.0366**	0.0041 ^{ns}
تراکم بنه (A) Corm density (A)	1.155**	0.585*	0.168**	0.140**	0.104**	0.209**	0.0585**	0.055**	0.018**
نوع بستر (B) Bed type (B)	0.185 ^{ns}	0.398**	0.117**	0.104**	0.055**	0.102**	0.0436**	0.0417**	0.0123**
A×B	0.0189 ^{ns}	0.0095 ^{ns}	0.0025 ^{ns}	0.0025 ⁿ	0.001 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
خطا Error	0.0737	0.047	0.0119	0.0104	0.0103	0.0186	0.0067	0.0063	0.0029
ضریب تغییرات CV (%)	11.96	13.67	12.3	12.24	17.19	13.86	13.96	14.01	15.98

ns: non significant and * and ** are significant at 5 and 1 probability levels, respectively.
ns غیر معنی دار و * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

پایان دوره گلدهی عملکرد اجزای گل که مجموع عملکرد طول دوره گلدهی زعفران بوده و به تفکیک جمع آوری و در شرایط یکسان خشک شده بود، مورد بررسی قرار گرفت.

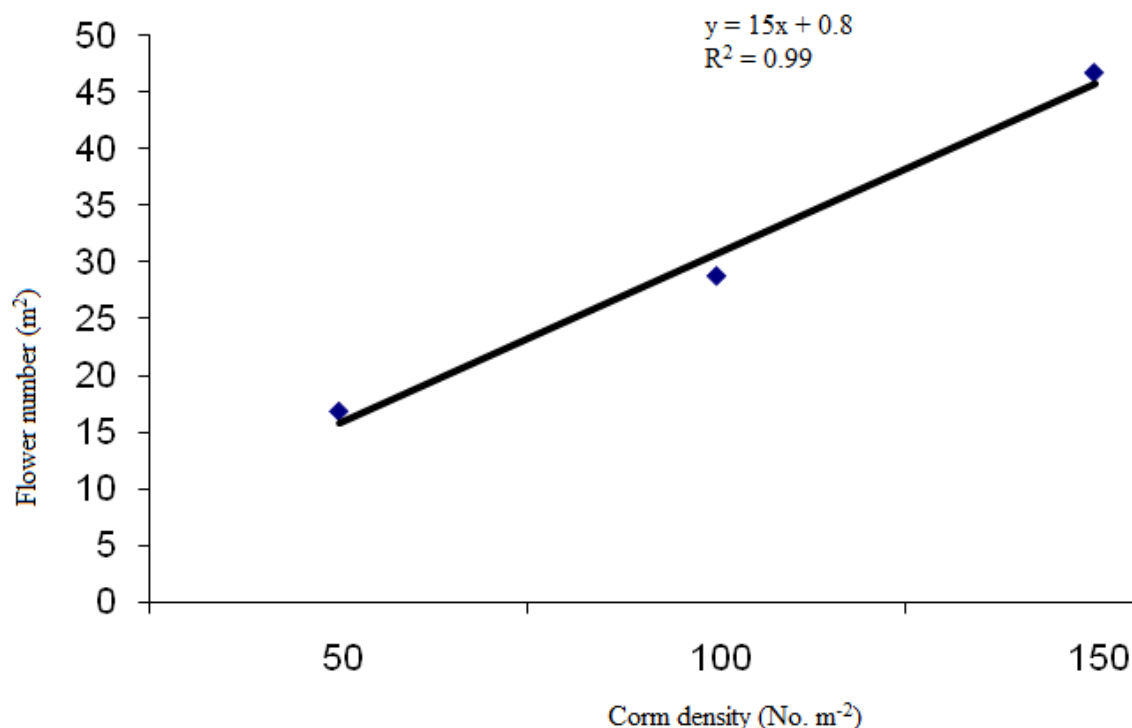
تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام و مقایسه میانگین‌ها به روش چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار MSTAT-C انجام شد. نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تراکم بنه بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد تأثیر معنی‌داری داشت، ولی اثر نوع بستر تنها بر تعداد گل در واحد سطح غیر معنی‌دار شد، در بقیه صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل تراکم بنه و نوع بستر بر هیچ یک از صفات مورد ارزیابی معنی‌دار نبود (جدول 3).

تراکم بنه بر صفت تعداد گل زعفران در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول 3)؛ به طوری که با افزایش تعداد بنه از 50 به 150 بنه در مترمربع، تعداد گل زعفران را از 16/8 به 46/8 گل در واحد سطح مترمربع (حدود 179 درصد) افزایش داد (جدول 4). تغییرات تعداد گل در واحد سطح همبستگی بالایی با تراکم بنه در واحد سطح داشت که روند افزایش تعداد گل در اثر افزایش تعداد بنه در شکل 1 نشان داده شده است.

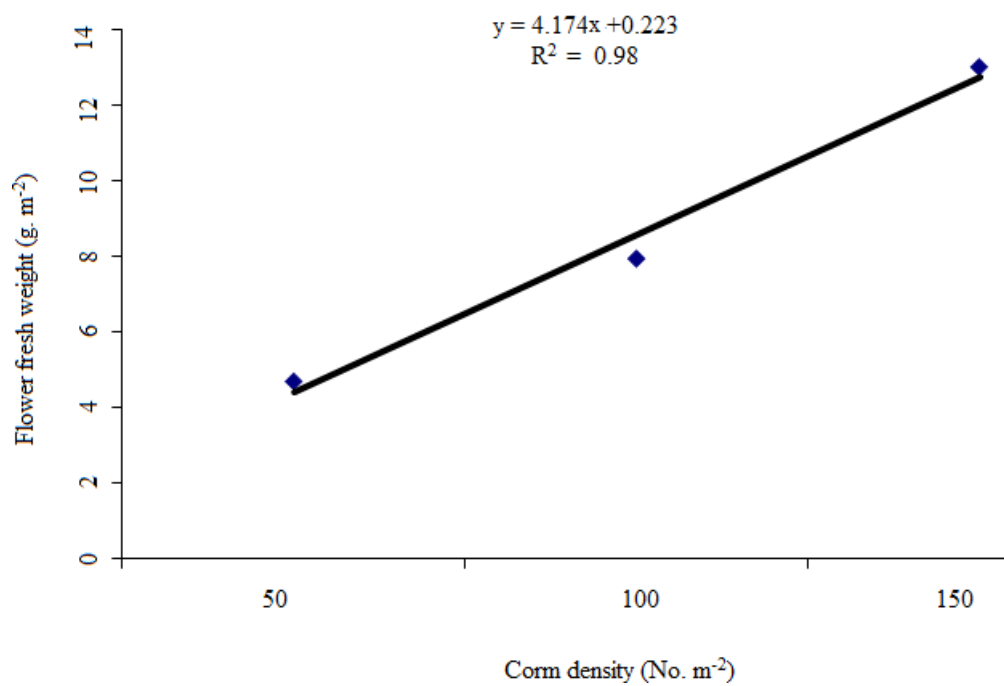
علوی و همکاران (Alavi et al., 1994) با بررسی تأثیر تراکم روی بوته (فواصل کاشت) بر عملکرد زعفران به مدت پنج سال زراعی نشان دادند که با افزایش تراکم کاشت، عملکرد زعفران به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. همچنین قلاوند و عبدالهیان (Ghalavand & Abdollahian Noghabi, 2004) نشان دادند که فاصله خطوط کشت مترمکعب تر (10×30 سانتی‌متر) عملکرد بیشتری نسبت به تراکم‌های دیگر داشتند. زعفران گیاهی است قانع و در زمهره گیاهان زراعی کم نهاده محسوب می‌شود لذا رقابت به‌ویژه در سال‌های اولیه گیاه با توجه به ساختار و شاخص برگ کم در زعفران تراکم بیشتر می‌تواند از عملکرد بالاتری برخوردار باشد.



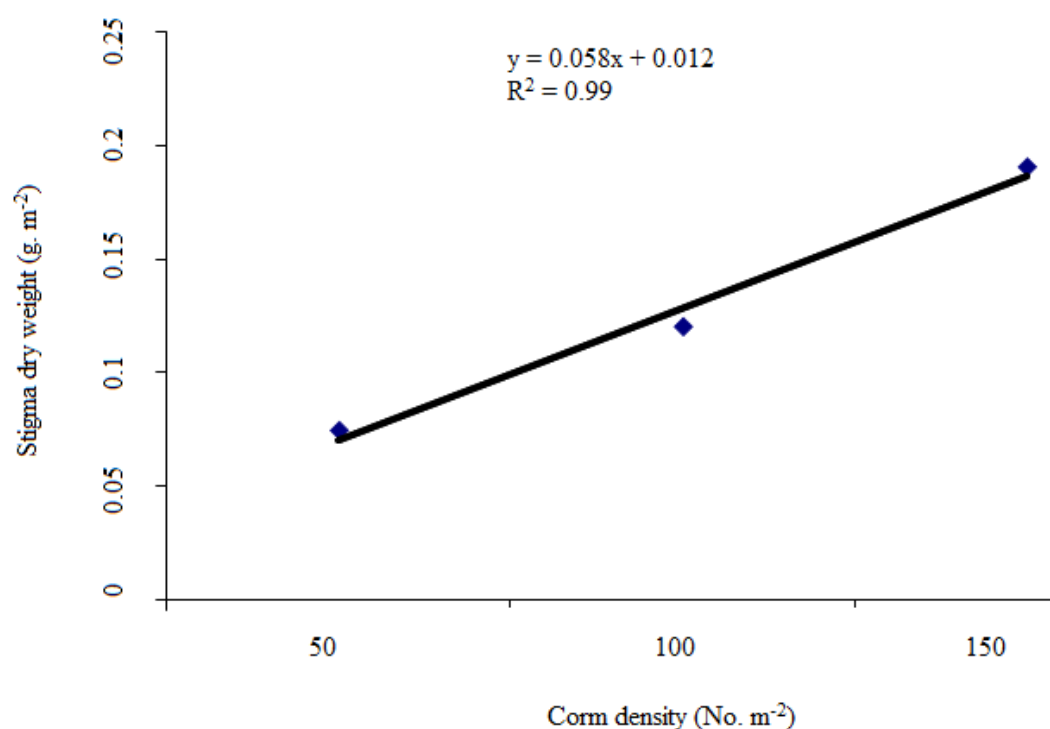
شکل 1- همبستگی تعداد گل با تعداد بنه زعفران
Fig. 1- Correlation between flower number with corm density of saffron

تراکم بنه بر وزن تر و خشک گل زعفران اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول 3). افزایش تعداد بنه در مترمربع از 50 به 150 وزن تر گل را 177 و وزن تر کلاله + خامه را 234 درصد افزایش داد (جدول 4). با توجه به ضریب همبستگی بالا بین صفت تعداد گل با وزن تر و خشک گل به ترتیب به میزان 0/91 و 0/94 درصد (جدول 6)، افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک گل، همراه با تعداد گل در واحد سطح در اثر افزایش تراکم بنه دور از انتظار نمی‌باشد (جدول‌های 3 و 4). کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2009) با بررسی اثر عمق و تراکم کاشت بر خصوصیات زراعی زعفران بیان داشتند که بیشترین عملکرد گل و کلاله در تراکم 11 تن و عمق کاشت 15 سانتی‌متر به‌دست آمد.

بسترهای مورد استفاده بر صفت تعداد گل در واحد سطح، دارای اثر معنی‌داری نبود (جدول‌های 3 و 5). به نظر می‌رسد با توجه به اینکه پدیده گل‌انگیزی در بنه زعفران تقریباً یک ماه پس از خزان برگ‌های آن و تقریباً در اواخر خرداد رخ می‌دهد (Molina et al., 2009)، لذا گل‌انگیزی در بنه‌های مورد مطالعه تقریباً یک ماه زودتر در زمین اصلی بدون اثر تیمار بستر رخ داده است. همچنین بنه‌ها از یک مزرعه تحت شرایط یکسان از لحاظ نوع بستر کشت تهیه شده بودند، لذا اثر کم صفت تعداد گل در نتیجه اعمال تیمار کودهای آلی قابل درک می‌باشد. کاربرد کود گاوی و کود کمپوست موجب افزایش غلظت عناصر غذایی و ماده آلی خاک شده و اثرات باقیمانده آن بر عملکرد فرآورده و ویژگی‌های خاک، چندین سال پس از کاربرد باقی و مشخص می‌گردد (Baiburdi & Kalantari Oskoue, 2007).



شکل 2- همبستگی وزن تر گل با تعداد بنه زعفران
Fig. 2- Correlation between flower fresh weight with corm density of saffron



شکل 3- همبستگی وزن خشک کلاله با تعداد بنه زعفران
Fig. 3- Correlation between stigma dry weight with corm density of saffron

اثر کاربرد بسترهای مختلف کاشت بر صفات وزن تر و خشک گل زعفران در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 3)؛ به طوری که کاربرد خاکپوش کلس گندم بیشترین افزایش وزن تر و خشک گل را نسبت به شاهد به ترتیب به میزان 233 و 181 درصد نشان داد (جدول 5). علی‌رغم این که بسترهای مختلف کاشت نتوانست از لحاظ آماری اثر معنی‌داری بر صفت تعداد گل در واحد سطح ایجاد کند، ولی اثر معنی‌داری بر روی صفات وزن تر و خشک گل داشت که این موضوع بیانگر نقش تغذیه‌ای و ایجاد شرایط مطلوب اکولوژیکی بسترهای کودی کشت مورد استفاده بر شروع گلدهی و وزن گل زعفران می‌باشد. در آزمایشی، شاهنده (Shahandeh, 1990) اظهار داشت که متغیرهای شیمیایی که دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد زعفران هستند به ترتیب شامل میزان ماده آلی خاک، فسفر قابل استفاده، ازت معدنی و پتاسیم تبادل می‌باشند. گیاه زعفران به نسبت کربن به نیتروژن خاک واکنش بسیار مثبتی نشان می‌دهد (Shahandeh, 1990). لذا می‌بایست در مصرف نیتروژن مصرفی یا کودهای آلی دقت کافی به عمل آید. همچنین نامبرده نشان داد که عملکرد زعفران با نیتروژن آمونیاکی همبستگی منفی و با نیتروژن نیتراتی همبستگی مثبت دارد. آیت‌اوبائو و اوتمانی (Ait-aubahou & El-otmani, 1999) اعلام داشتند که زعفران به مواد غذایی فراوان احتیاج ندارد. همچنین کومار و همکاران (Kumar et al., 2009) اعلام داشتند زعفران گیاه کم‌توقعی است و برای رشد به حد متوسطی از عناصر غذایی نیاز دارد. لذا به منظور بهبود حاصلخیزی خاک در شرایط کاشت، بهتر است از کود دامی که دارای پتاسیم زیادی است استفاده شود. خاک‌های کلسیم‌دار برای رشد زعفران مناسب است، ولی خاک‌های بسیار حاصلخیز به علت افزایش رشد سبزینه‌ای برای کشت زعفران مناسب نیست. با افزایش تراکم بانه، وزن تر و خشک کلاله + خامه به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد افزایش نشان داد (جدول 3). افزایش تراکم بانه از 50 به 150 بانه در مترمربع وزن تر کلاله + خامه را 3/3 برابر و وزن خشک آن را 2/5 برابر در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول 4). بیشترین وزن تر و خشک کلاله + خامه در تیمار 150 بانه در مترمربع به‌دست آمد (جدول 3). عملکرد اقتصادی زعفران معمولاً بر اساس تعداد گل برداشت شده در واحد سطح یا وزن زعفران خشک استحصال شده در واحد سطح بیان می‌گردد. از آن‌جا که زعفران خشک شامل مجموع

جدول 4- مقایسه میانگین اثر تراکم‌های بانه بر خصوصیات زایشی و عملکرد گل زعفران
Table 4- Mean comparisons of corm density effects on reproductive characteristics and flower yield of saffron

تراکم بانه (تعداد در مترمربع) Corm density (No.m ⁻²)	تعداد گل (تعداد در مترمربع) Flower Number (No.m ⁻²)	وزن تر گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower weight (kg.ha ⁻¹)	کلاله و خامه (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stigma and style (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stigma (kg.ha ⁻¹)	وزن تر خامه (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of style (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry flower weight (kg.ha ⁻¹)	کلاله و خامه (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of stigma and style (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله (کیلوگرم در هکتار) Dry stigma weight (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک خامه (کیلوگرم در هکتار) Dry style weight (kg.ha ⁻¹)
50	16.8 ^c	47.02 ^c	47.02 ^c	3.48 ^c	0.85 ^b	6.48 ^b	0.85 ^b	0.75 ^b	0.10b*
100	28.8 ^b	79.63 ^b	70.63 ^b	5.58 ^b	1.38 ^b	10.45 ^b	1.35 ^b	1.21 ^b	0.15 ^b
150	46.80 ^a	130.50 ^a	130.50 ^a	8.83 ^a	2.62 ^a	17.57 ^a	2.15 ^a	1.91 ^a	0.24 ^a

* میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی‌داری بر اساس آزمون LSD ندارند (p≤0.05).
* Means followed by similar letters in each column have not significantly difference based on LSD test (p≤0.05).

موجب تسریع در شروع گل زعفران گردد و افزایش عملکرد را نیز موجب شود. صادقی (Sadeghi, 2008) اعلام نموده است که گرمای تابستان اثر منفی در القاء گل در مرداد ماه دارد و از عوامل مهم کاهش عملکرد مزارع زعفران در چند ساله اخیر می‌باشد. با توجه به ضریب همبستگی بالا بین وزن تر و خشک گل با وزن تر و خشک کلاله + خامه (به ترتیب معادل با 0/996، 0/980، 0/977 و 0/989)، (جدول 6)، افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک کلاله + خامه همراه با افزایش وزن تر و خشک گل در بسترهای مختلف کشت دور از انتظار نمی‌باشد. رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2010) نیز بیشترین عملکرد گل تر و نیز کلاله خشک زعفران را به ترتیب 24000 و 630 گرم در هکتار در سال اول کشت با اعمال کود دامی 40 تن در هکتار گزارش کردند.

نتایج تحقیق نشان داد که اعمال تراکم 150 بنه در مترمربع و نیز مصرف کلش گندم بهترین تأثیر را بر وزن تر و خشک کلاله و وزن تر و خشک خامه زعفران نشان دادند و کمترین این صفات در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول‌های 5 و 4). جدول ضرایب همبستگی نیز همبستگی بالای بین صفت وزن تر و خشک گل با وزن تر و خشک کلاله و خامه را نشان داد (جدول 6).

اثر متقابل تراکم بنه و بسترهای مختلف کاشت بر تمامی صفات زایشی و عملکرد گل زعفران غیرمعنی‌دار بود (جدول 3). بستر خاکپوش کلش گندم در هر سه تراکم بنه توانست بیشترین مقادیر وزن خشک کلاله زعفران (عملکرد اقتصادی) را در سال اول به خود اختصاص دهد. با توجه به اینکه خاکپوش کلش گندم همزمان با کشت بنه به بستر اضافه شده است، به نظر می‌رسد این نهاده آلی توانسته است شرایط محیطی سایه‌اندازی، حفظ رطوبت و کاهش دما را باعث گردد و موجب تسریع برگ‌آوری و رشد رویشی زعفران شود. در سال استقرار زعفران خاکپوش کلش گندم فرصت تجزیه در خاک را نداشته و نقشی در نیتروژن قابل دسترس گیاه نداشته است. ترابی و همکاران (Torabi et al., 1994) به‌منظور تشخیص بهترین زمان جذب عناصر پرمصرف و کم مصرف در زعفران، تحت شرایط اقلیمی مشهد تحقیقی دریافتند که در اواخر بهمن ماه برگ‌های زعفران از رشد طولی و افزایش وزن بازمانده و تغییرات عمده در میزان عناصر موجود در اعضای گیاه پدید می‌آید و این بیانگر آن است که ریشه‌های بنه زعفران تا نیمه بهمن فعال و نقش تغذیه‌ای دارند.

کلاله و خامه می‌باشد، در موارد زیادی عملکرد بر اساس وزن تولید شده از هر کدام از این دو جزء در واحد سطح بیان می‌گردد (Kafi et al., 2002). در این بررسی تیمارهایی که وزن ترگل را افزایش داد، وزن خشک گل، وزن تر و خشک کلاله و خامه را هم افزایش داد. محققان دیگر نیز نتایج به‌دست آمده را تأیید می‌کنند (Ghalavand & Abdollahian Noghabi, 2004; Molina et al., 2009; Koocheki et al., 2009a; Koocheki et al., 2009b; Koocheki et al., 2012b; Naderi Dabbagh et al., 2008) تمپرنی و همکاران (Temperini et al., 2009) با بررسی اثر تراکم‌های مختلف بنه شامل کم تراکم با 76، 91 و 93 بنه در مترمربع، متوسط تراکم با 111، 114 و 119 بنه در مترمربع و پر تراکم با 130، 143 و 179 بنه در مترمربع بر عملکرد گل گیاه نقدینه زعفران دریافتند که بیشترین وزن خشک کلاله در تیمارهای متوسط تراکم در دو سطح (111 و 119 بنه در مترمربع) و پر تراکم در سه سطح (139، 143 و 179 بنه در مترمربع) به‌دست آمد. نادری دباغ و همکاران (Naderi Dabbagh et al., 2008) نیز در مطالعات خود دریافتند که بالاترین عملکرد و دوره بهره‌برداری، از بالاترین تراکم (177/6 بنه در مترمربع) و عمیق‌ترین کاشت 20 سانتی‌متر، و به میزان 5/08 کیلوگرم در هکتار در سال سوم به‌دست آمد. با توجه به ضرایب همبستگی بالا بین صفت وزن تر و خشک گل با وزن تر و خشک کلاله + خامه (به ترتیب معادل با 0/99، 0/98، 0/99 و 0/99) (جدول 5)، افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک کلاله + خامه همراه با افزایش وزن تر و خشک گل تحت تأثیر افزایش تراکم بنه منطقی به نظر می‌رسد.

سطوح بستر کشت اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک کلاله + خامه زعفران داشت (جدول 3). بیشترین وزن تر و خشک کلاله + خامه در تیمار کاربرد خاکپوش کلش گندم به ترتیب به میزان 14/43 و 2/59 کیلوگرم در هکتار و کمترین آن در تیمار شاهد به میزان 4/31 و 0/81 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول 5). چون کلش گندم به عنوان مالچ استفاده شده در سال اول روی نسبت کربن به ازت خیلی مؤثر نبوده است. از آن‌جا که طبق مشاهدات مختلف مشخص شده است که بوته‌های زعفران در سایه درختان، زیر بوته‌های خار و یا حواشی جوی‌های آبیاری که از رطوبت بیشتری برخوردارند، نسبت به سایر بوته‌ها در مزرعه زودتر به گل می‌روند، چنین به نظر می‌رسد که خاکپوش کلش گندم توانسته‌است علاوه بر سایه‌اندازی و حفظ رطوبت و تعدیل و کاهش درجه حرارت

جدول ۵ - مقایسه میانگین اثر بسترهای کاشت بر خصوصیات زایشی و عملکرد گل زعفران
Table 5- Mean comparisons of bed type effects on reproductive characteristics and flower yield of saffron

بسترهای کشت Bed types	تعداد گل (تعداد در مترمربع) Flower Number (No.m ⁻²)	وزن تر گل (کیلوگرم در هکتار) Fresh flower weight (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله و خامه (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stigma and style (kg.ha ⁻¹)	وزن تر کلاله (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of stigma (kg.ha ⁻¹)	وزن خامه (کیلوگرم در هکتار) Fresh weight of style (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک گل (کیلوگرم در هکتار) Dry flower weight (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله و خامه (کیلوگرم در هکتار) Dry weight of stigma and style (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک کلاله (کیلوگرم در هکتار) Dry stigma weight (kg.ha ⁻¹)	وزن خشک خامه (کیلوگرم در هکتار) Dry style weight (kg.ha ⁻¹)
کمپوست زیاده شهری Municipal solid waste compost	29.5a*	67.50 ^b	6.25 ^{bc}	4.91 ^{bc}	1.35 ^b	9.68 ^b	1.20 ^{bc}	1.06 ^{bc}	0.14 ^b
کمپوست بستر قارچ Compost of mushroom	27.4a ^a	60.80 ^b	5.44b ^c	4.28 ^{bc}	1.15 ^b	8.89 ^b	1.12 ^{bc}	0.98 ^{bc}	0.14 ^b
کود گاوی Cow manure	35.00 ^a	86.40 ^b	7.42 ^b	5.81 ^b	1.60 ^b	12.32 ^b	1.52 ^b	1.36 ^b	0.16 ^b
کلیش گندم Wheat straw	36.18 ^a	164.00 ^a	14.43 ^a	11.40 ^a	3.02 ^a	19.64 ^a	2.59 ^a	2.31 ^a	0.28 ^a
شاهد Control	25.88 ^a	49.20 ^b	4.31 ^c	3.38 ^c	0.93 ^c	6.98 ^b	0.81 ^c	0.71 ^c	0.10 ^c

* Means followed by similar letters in each column have not significantly difference based on LSD test ($p \leq 0.05$).
میانگین های دارای حروف مشابه در هر ستون تفاوت معنی داری بر اساس آزمون LSD ندارند ($p \leq 0.05$).

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین عملکرد اجزای گل زعفران در تراکم بنه و نوع بسترهای کشت
Table 6- Correlation coefficients between of flower yield components Saffron in different corm densities and bed types

صفات Characteristics	تعداد گل Flower number	وزن تر گل Fresh weight of flower	وزن تر کلاله و خامه Fresh weight of stigma and style	وزن تر کلاله Fresh weight of stigma	وزن تر خامه Fresh weight of style	وزن خشک گل Dry weight of flower	وزن خشک کلاله و خامه Dry weight of stigma and style	وزن خشک کلاله Dry weight of stigma
وزن تر گل Fresh weight of flower	0.908**							
وزن تر کلاله و خامه Fresh weight of stigma and style	0.906**	0.996**						
وزن تر کلاله Fresh weight of stigma	0.896**	0.990**	0.996**					
وزن تر خامه Fresh weight of style	0.887**	0.962**	0.958**	0.928**				
وزن خشک گل Dry weight of flower	0.942**	0.980**	0.977**	0.970**	0.944**			
وزن خشک کلاله و خامه Dry weight of stigma and style	0.928**	0.980**	0.978**	0.975**	0.935**	0.989**		
وزن خشک کلاله Dry weight of stigma	0.925**	0.982**	0.979**	0.976**	0.934**	0.990**	0.990**	
وزن خشک خامه Dry weight of style	0.860**	0.873**	0.877**	0.869**	0.856**	0.889**	0.914**	0.894**

***: معنی دار در سطح احتمال یک درصد.
***: is significant at 1 probability level.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تحت شرایط آزمایش حداکثر زعفران استحصالی در سال اول برابر با 3/37 کیلوگرم در هکتار زعفران خالص (کلالة خشک) از کشت 150 بنه در مترمربع با بستر کاشت خاکپوش کلش گندم به دست آمد.

توجه به اینکه عملکرد زعفران در سال اول کشت از نظر اقتصادی توجیه پذیر نیست، به نظر می رسد با استفاده از الگوهای کشت پر تراکم، می توان تا حدودی کاهش عملکرد اولیه را جبران کرد. در سال های اخیر، کشاورزان زعفران کار تمایل زیادی به افزایش مقدار بنه در هکتار نشان داده اند. زعفران محصولی ارگانیک است و تهیه بسترهای کاشت با کودهای آلی به ویژه خاکپوش کلش گندم که با ایجاد شرایط مطلوب محیطی می تواند اثرات مثبتی در بالا بردن عملکرد زعفران و بهبود خصوصیات خاک بوم نظام های زراعی داشته باشد.

اما از آن زمان به بعد به علت تحلیل رفتن بنه های مادر، ریشه ها نقشی در جذب مواد غذایی ندارند و احتمالاً درشت تر شدن بنه های دختری از آن به بعد مربوط به انتقال محتویات بنه مادری و همچنین عمل فتوسنتز برگ ها است. لذا هرگونه تقویت مواد نیتروژنه در خاک مزارع بهتر است قبل از آبیاری دوم، یعنی اواخر آبان تا اوایل آذر، صورت گیرد. از طرف دیگر گل انگیزی و عملکرد زعفران در ارتباط مسقیم با درجه حرارت محیط بوده (Molina et al., 2004; Molina et al., 2005; Koocheki et al., 2010) و درجه حرارت بالا در تابستان و دماهای پایین تر از حد بهینه می تواند بر القاء گل دهی و عملکرد زعفران نقش منفی داشته باشد (Sadeghi, 2008). لذا تأثیر مثبت کاربرد بقایای کلش گندم در تعدیل درجه حرارت و فراهمی نسبی مواد آلی خاک (Chen et al., 2007; Najafinezhad et al., 2009) و نقش مواد آلی به عنوان یکی از مهم ترین عوامل در کنترل تغییرات عملکرد زعفران مورد توجه بوده است (Nehvi et al., 2010). کاربرد صحیح بقایای مواد آلی می تواند گلدهی و عملکرد زعفران را به طور قابل توجهی تحت تأثیر قرار دهد.

منابع

- Ait-aubahou, A., and El-otmani, M. 1999. Saffron-cultivation in Morocco, in: 'Saffron' (M. Negbi, Ed.) Harwood Academic Publication. Amsterdam 154 pp.
- Alidadi, H., Saffari, A.R., and Peiravi, R. 2013. Effect of biofertilizers compost, vermicompost and sulfur compost on yield of Saffron. Word Applied Sciences Journal 21(9): 1386-1390.
- Amirghasemi, T. 2001. Saffron, Red Gold of Iran. Nashr- Ayandegan Publication, Tehran, Iran, 112 pp. (In Persian)
- Amiri, M.E. 2008. Impact of animal manures and chemical fertilizers on yield components of saffron (*Crocus sativus* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science 4: 274-279.
- Available at Web site <http://www.Civilica.com/paper-CEE01-228.html>.
- Baiburdi, A., and Kalantari Oskouei, A. 2007. Effect of municipal solid waste compost, vermicompost and manure on onion crop. 1st Conference of Environmental Engineering. Tehran, Tehran University, Department of Environment, Tehran, Iran. (In Persian)
- Bastian, F., Bouziro, L., Nicolardot, B., and Ranjard, L. 2009. Impact of wheat straw decomposition on successional patterns of soil microbial community structure. Soil Biology and Biochemistry 41: 262-275.
- Behdani, M.A., Koocheki, A., Nassiri, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2006. Evaluation of quantitative relationships between saffron yield and nutrition (on farm trial). Iranian Journal of Field Crops Research 3: 1-14. (In Persian with English Summary)
- Chen, S.Y., Zhang, X.Y., Pei, D., and Sun, H. 2005 Effects of corm straw mulching on soil temperature and soil evaporation of winter field. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering 21: 171-173.
- Chen, S.Y., Zhang, X.Y., Pei, D., Sun, H.Y., and Chen, S.L. 2007. Effects of straw mulching on soil temperature, evaporation and yield of winter wheat: Field experiments on the North China Plain. Annals of Applied Biology 150: 261-268.
- Danga, B.O., and Wakindiki, I.I.C. 2009. Effect of placement of straw mulch on soil conservation, nutrient accumulation, and wheat yield in a humid Kenyan highland. Journal of Tropical Agriculture 47: 261-268.

- Forogifar, H., and Porkasemani, M.A. 2001. Science and Soil Management (Vol. I) Ferdowsi University of Mashhad Publication, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Ghalavand, A., and Abdollahian Noghabi, M. 2004. Effect of ecological adaption and study of row spacing and planting method on land races yield of Iranian Saffron. 2nd National Symposium of Saffron Gonabad, Gonabad, Iran. (In Persian)
- Habibi, M.B., and Bagheri Kazemabad, A. 1988. Saffron (Agronomy, Process, Chemical, Composition and its Standards). Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Iran. (In Persian)
- Hemmati Kakhki, A., and Hosseini, M. 2003. A Review on Saffron Researches in Institute of Research for Developing Technology, Khorasan. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Jahan, M., and Jahani, M. 2007. The effects of chemical and organic fertilizers on saffron flowering. *Acta Horticulturae* 739: 81-86.
- Jihad Keshavarzi Khorasan Razavi. 2012. Report on agronomic research for saffron. (On Published)
- Kafi, M., Rashed Mohassel, M., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Saffron, Processing and Production Technology. CESC, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran 276 pp. (In Persian)
- Koochaki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., and Mohammad Abadi, A.A. 2012a. An evaluation of the effect of saffron (*Crocus sativus* L.) corm planting rate and pattern on the crops performance. *Iranian Journal of Horticultural Science* 42: 379-391. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Nassiri, M., Alizadeh, A., and Ganjali, A. 2010. Modelling the impact of climate change on flowering behaviour of Saffron (*Crocus sativus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 7: 583-594. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Mollafilabi, A. 2012b. Effect of plant density and type on Saffron (*Crocus sativus* L.) yield and yield components. In: 4th International Saffron Symposium. October 22-25. Kashmir, India.
- Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., Mollafilabi, A., and Seyyedi, S.M. 2013. Effects of corm planting density and applying manure on flower and corm yields of saffron (*Crocus sativus* L.) in the first year. *Agroecology* in Press. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., Siahmarguee, A., Azizi, G., Jahani, M., and Alimoradi, L. 2009a. The effect of plant density and depth on agronomic characteristic of saffron (*Crocus sativus* L.). Paper Presented at the 3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. 20-23 May. Korokos, Kozani, Greece.
- Koocheki, A., Tabrizi, L., Jahani, M., Mohammad Abadi, A.A., and Mahdavi Damghani, M. 2009b. Performance of saffron (*Crocus sativus* L.) under different planting patterns and high corm density. Paper Presented at the 3rd International Symposium on Saffron. Forthcoming Challenges in Cultivation, Research and Economics. 20-23 May. Korokos, Kozani, Greece.
- Kumar, R., Virendra, S., Kiran, D., Sharma, M., Sing, M.K., and Ahuja, P.S. 2009. Stat of art saffron (*Crocus sativus* L.) agronomi: A comprehensive review. *Food Reviews International* 25: 44-85.
- Limon Ortega, A., Govaerta, B., and Sayer, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *European Journal of Agronomy* 29: 21-28.
- Mohammadi Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G., Besharati, H., and Fotovat, A. 2010. The effect of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on phosphorus availability of enriched rock phosphate with sulfur and vermicompost. *Journal of Water and Soil* 24: 1-9. (In Persian with English Summary)
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Garcya-Luis, A., and Guardiola, J.L. 2004. The effect of time of corm lifting and the duration of incubation at inductive temperature on flowering in the saffron plant (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 79-91.
- Molina, R.V., Valero, M., Navarro, Y., Guardiola, J.L., and Garcia-Luis, A. 2005. Temperature effects on flower formation in saffron (*Crocus sativus* L.). *Scientia Horticulturae* 103: 361-379.
- Mollafilabi, A. 2000. Novel production and agronomy of saffron. Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Khorasan, Iran (In Persian)
- Mollafilabi, A. 2014. Effect of new cropping technologies on growth characteristics, yield, yield components of flower and corm criteria of saffron (*Crocus sativus* L.). PhD Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Monzon, J.P., Sadras, V.O., and Andrade, F.H. 2006. Fallow soil evaporation and water storage as affected by stubble

- in sub-humid (Argentina) and semi-arid (Australia) environments. *Field Crops Research* 98: 83-90.
- Naderi Dabbagh, H., Shahi, M., Khajebashi, S.M., Banitaba, A., and Ehdashti, V.M. 2008. Effect of density and planting depth on yield and productivity period of saffron farms, In Esfahan. *Plant and Seed* 24: 657-643. (In Persian with English Summary)
- Najafinezhad, H., Javaheri, M.A., Ravari, S.Z.A., and Azad Shahraki, F.A.D. 2009. Effect of crop rotation and wheat residue management on grain yield of maize cv. KSC704 and some soil properties. *Seed and Plant Production Journal* 25-2: 247-260. (In Persian with English Summary)
- Nehvi, F.A., Lone, A.A., Khan, M.A., and Maghdoomi, M.I. 2010. Comparative study on effect of nutrient management on growth and yield of saffron under temperate conditions of Keshmir. *Acta Horticulturae* 850: 165-170.
- Omid Beigi, R., Ramezani, A., Sadeghi, B., and Ziaratnia, S.M. 2003. Effect of corm weight on saffron yield under Neyshabour climatic conditions. 3rd International Congress in Saffron Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., Fallahi, J., and Aghhavani Shajari, M. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on number of corm and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). 59th International Congress and Annual Meeting of the Society for Medicinal Plant and Natural Product Research. (In Persian with English Summary)
- Rezvani-Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A.A., and Sabori, A. 2006. Effect of different animal manure on flower yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron (*Crocus sativus* L.) in Mashhad conditions. *Acta Horticulture* 739: 159-163.
- Sadeghi, B. 1993. Effect of corm weight on saffron flowering. Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Iran. (In Persian)
- Sadeghi, B. 1993. Investigation of chemical herbicides on weed control saffron fields. Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Iran. (In Persian).
- Sadeghi, B. 1997. Effect of summer irrigation on saffron yield. Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Iran. (In Persian)
- Sadeghi, B. 2008. Sustainable cropping of saffron in Iran. Research Report. Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Iran. (In Persian)
- Shahandeh, H. 1990. Evaluation of soil and water physic-chemical properties in related to saffron yield in Gonabad. Research Institute for Food Science and Technology, Razavi Korasan, Iran. (In Persian)
- Tammaro, F. 1999. Saffron in Italy in 'saffron' (M. Negbi, Ed.) Harwood Academic Publication. Amsterdam 154 pp.
- Temperini, O., Rea, R., Temperini, A., Colla, G., and Rouphael, Y. 2009. Evaluation of saffron (*Crocus sativus* L.) production in Italy: effect of the age of saffron fields and plant and plant density. *Food, Agriculture and Environment* 7: 19-23
- Torabi, M., and Sadeghi, B. 1994. Leaf and corm nutrients changes during season growth of saffron. Proceeding of Saffron and Medicinal Plants Congress. Gonabad, Gonabad, Iran. (In Persian)



Effects of Different Corm Densities and Bed Types on Flower Yield Components of Saffron (*Crocus sativus* L.)

A. Mollafilabi¹, A. Koocheki^{2*}, P. Rezvani Moghaddam² and M. Nassiri Mahallati²

Submitted: 30-03-2013

Accepted: 13-10-2013

Mollafilabi, A., Koocheki, A., Rezavni Moghaddam, P., and Nassiri Mahallati, M. 2017. Effects of corm densities and bed types on flower yield components and stigma yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Agroecology 9(2): 326-341.

Introduction

Saffron is among the highly precious agricultural and medicinal plants of the world and has a specific placement in Iran exports. In Iran, total cultivation area was 93000 ha in 2017 that from which about 96% devoted to two main provinces of saffron production including Khorasan-Razavi and South Khorasan with total production of 351 ton saffron. Saffron has unique characters such as low water requirement. Ease of transportation, lack of need to special machinery and complex technology, high capacity to use labor in time of picking flowers, occupation and in the end prevention from immigration and exchange income that have made this crop becomes superior in those regions that lack of industrial perspectives and having water limitations. Organic fertilizers have effective role in saffron production such as physical improvement of saffron soil, temperature relief, penetration improvement, porosity increase, and soil reduction hardness, and stimulate to flowering. Several factors like climate, diseases, irrigation, storage, planting date, chemical and biological fertilizers and animal manure are very effective in saffron quantity and quality. Saffron yield depends on several factors like soil, crop density, planting method, corm size, geographical location, climatic factors like temperature fluctuations specially in time of flowering, rate of rainfall, cultural management and utilization period. The aim of this study was to determine possible effects of corm density and bed type on flower yield components and stigma yield of saffron.

Material and Methods

In order to evaluate the effects of corm density and bed type on reproductive characters, yield components of flower and saffron stigma, an experiment was conducted in the form of factorial as Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications at the research farm of Khorasan Science and Technology Part (KSTP) during the growing season of 2010-2011. The treatments under study were density with three levels of 50, 100, 150 corms per m² and five bed types of 10 t.ha⁻¹ urban compost, 30 t.ha⁻¹ decayed cow manure, 20 t.ha⁻¹ mushroom bed residues, 10 t.ha⁻¹ wheat straw, and control that were applied in planting time. Traits measured were number of flowers, fresh and dry weight of flowers, fresh and dry weight of stigma, fresh and dry weight of style of saffron. Statistical analysis of the first year of data was done with SAS 9.1 software and mean comparisons were as Duncan multiple range test at 5% level with MSTAT-C.

Results and Discussion

Results showed that corm density had significant effect on all traits under study at $p \leq 0.01$ but effect of bed type did not show significant effect on number of flowers per m² but for other traits were significant at $p \leq 0.01$. Increasing corm density from 50 to 150 corms.m⁻² increased flower number from 16.8 to 46.8 No.m⁻² (about 179%) and fresh weight by 177% and stigma dry weight by 155%. The highest fresh weight and dry weight of stigma + style were found in wheat straw that were 14.43 and 2.59 kg.ha⁻¹, respectively. Interaction between corm density and bed type was not significant in all traits which measured in experiment. Variation of flower No.m⁻² had high correlation with corm density per m² that shows increasing trend of flower number due to increasing corm number.

1 and 2- Assistant Professor, Department of Food Biotechnology, Research Institute of Food Science and Technology (RIFST) and Professor in Agronomy and Plant Breeding, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.26540

Conclusion

Therefore, it is concluded that for more flower production and higher dry weight of stigma in the first year, corm density of 150 corms.m⁻² and bed type of wheat straw is recommended. Saffron yield in the first year of cultivation is not economical sufficient and it seems that by using high density planting, it almost compensates for low yield at the first year. Recently, farmers are willing to apply high corms for planting saffron farms. Saffron is an organic crop and preparing beds with organic fertilizers specially wheat straw due to its improvement of environmental conditions have positive effect on saffron yield and environmental improvement.

Keywords: Dry stigma yield, Flower number, Organic matter



پراکنش گیاه هرز علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.) و سایر گیاهان هرز مهم هم خانواده آن در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) غرب و شمال شرق ایران

احسان‌اله زیدعلی¹، رضا قربانی^{2*}، مهدی پارسا³ و قربانعلی اسدی³

تاریخ دریافت: 1392/04/13

تاریخ پذیرش: 1392/09/26

زیدعلی، ا.، قربانی، ر.، پارسا، م.، و اسدی، ق.ع. 1396. پراکنش گیاه هرز علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.) و سایر گیاهان هرز مهم هم خانواده آن در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) غرب و شمال شرق ایران. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 342-359.

چکیده

علف‌پشمکی (*Bromus tectorum* L.) یکی از مهمترین گیاهان هرز مشکل ساز به ویژه در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) زمستانه به شمار می‌رود. از این رو، وضعیت پراکنش این گیاه هرز به روش نمونه‌گیری تصادفی در 40 مزرعه از مزارع گندم آبی شهرستان خرم‌آباد، 27 مزرعه در مشهد و 28 مزرعه در نیشابور در سال 1391 مورد بررسی قرار گرفت. فاکتورهای مربوط به فراوانی نسبی، غنای گونه‌ای، تراکم و یکنواختی نسبی و نیز شاخص‌های تنوع و غالبیت اندازه‌گیری شد. همچنین با استفاده از تکنیک GIS، نقشه پراکنش علف پشمکی در این مناطق رسم شد. علاوه بر علف پشمکی 16 گونه علف‌هرز دیگر از خانواده گندمیان مشاهده شد. فراوانی نسبی علف پشمکی اکوتیپ *hirsutum* در خرم‌آباد با 8/76 درصد بیشتر از اکوتیپ *tectorum* با فراوانی 4/76 درصد بود. یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* L.) با 19/56 و پس از آن جو دره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) با 13/52 درصد فراوانی نسبی از میانگین پنج نمونه‌گیری در هر مزرعه بیشترین فراوانی را به خود اختصاص دادند. در مزارع مشهد فراوانی نسبی علف‌پشمکی اکوتیپ *tectorum* با 12/44 درصد بیشتر از اکوتیپ *hirsutum* با فراوانی نسبی 7/25 درصد بود. یولاف بهاره با 13/99 درصد فراوانی و پس از آن جو دره با 12/95 درصد دارای بیشترین فراوانی نسبی بودند. در مزارع گندم نیشابور فراوانی نسبی دو اکوتیپ علف پشمکی مشابه (10/75) بود. یولاف وحشی بهاره (*Avena fatua* L.) با 14/52 درصد فراوانی و چاودار (*Secale cereale* L.) با 11/29 درصد فراوانی بیشترین فراوانی را داشتند. در این بین، قیاق (*Sorghum halepense* L.) و پنجه‌مرغی (*Cynodon dactylon* L.) چندساله بوده و مابقی یک‌ساله بودند. علاوه بر آن بر اساس مشاهدات اینگونه استنباط می‌شود که ارتفاع از سطح دریا تأثیر چندانی در تراکم اکوتیپ‌های علف‌پشمکی و سایر گیاهان هرز گرامینه نداشته است. مقدار شاخص تنوع شانون-وینر در خرم‌آباد به میزان 2/24، در مشهد 2/16 و در نیشابور 2/29، شاخص تنوع سیمپسون خرم‌آباد 1/04، در مشهد 1/31 و در نیشابور 1/16 و شاخص غالبیت سیمپسون مزارع گندم خرم‌آباد 0/960، مشهد 0/764 و در نیشابور 0/862 محاسبه شد. تفاوت در شاخص‌های تنوع گونه‌ای و غالبیت احتمالاً با میزان و نوع عملیات مدیریتی در مزارع مورد پایش ارتباط دارد.

واژه‌های کلیدی: تنوع، علف هرز، گندمیان، نقشه پراکنش، یکنواختی

مقدمه

ایجاد و افزایش پایداری در کشاورزی شناخته شده است (Rajendra et al., 2010). امروزه تنوع‌زیستی کشاورزی به معنی تنوع و گوناگونی حیوانات، گیاهان و میکروارگانیسم‌های که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم برای تولید غذا در کشاورزی استفاده می‌شوند، اطلاق می‌شود (Oldfield et al., 1987). آلتیری (Altieri, 1999) با مطالعه نقش اکولوژیکی تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی، اظهار داشته که اهمیت

تنوع زیستی کشاورزی به‌عنوان یکی از مهمترین عوامل مؤثر در

1، 2 و 3- به ترتیب دانش آموخته (استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام)، استاد و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: rghorbani2@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.27817

(*) - نویسنده مسئول:

اندازه کافی کاهش نیافت (Fround-williams, 1988). موضوع رقابت گیاهان هرز و تراکم آن‌ها در مزارع، از عوامل مهم کاهش محصول می‌باشند که این خود ضرورت پایش جوامع علف‌هرز را نمایان‌تر می‌سازد (Storkey & Westbury, 2007). بی‌شک برنامه‌ریزی و ارائه راهبردهای مدیریتی مناسب برای مدیریت علف‌های هرز نیازمند شناخت دقیق وضعیت گیاهان هرز است. در واقع با شناسایی فلور گیاهان هرز و تعیین وضعیت فراوانی و پراکنش گونه‌های علف‌های هرز می‌توان به اطلاعات زیربنایی مهمی برای طراحی برنامه‌های مدیریت علف‌های هرز دست یافت (Arun, 2007). کشت متوالی غلات برای چندین سال و استفاده از علف‌کش‌های با مکانیسم عمل مشابه می‌تواند موجب تغییر در ترکیب و ساختار گونه‌های گیاهی شود (Radosevich et al., 1997; Lemerle & Murphy, 2001). مواردی از افزایش جمعیت گیاهان هرز باریک برگ پس از چندین سال مصرف متوالی تو فوردی در غلات از برخی کشورها گزارش شده است (Anderson et al., 2004; Santiago et al., 2007). پوگیو (Poggio, 2005) معتقد است، ساختار جوامع و تنوع گونه‌ای گیاهان هرز در نتیجه عوامل محیطی، مدیریتی و رقابت بین گونه‌ای بین گیاهان هرز و گیاهان زراعی و رقابت درون گونه‌ای بین گیاهان هرز تعیین می‌گردد.

تأثیر مدیریت بر ساختار و کارکرد جوامع گیاهی به‌وسیله برخی از محققین مورد ارزیابی قرار گرفته است. به عقیده دوتویت و همکاران (Dutoit et al., 2003) تنوع در ساختار جوامع گیاهان هرز شاخصی از موفقیت عملیات مدیریت گیاهان هرز می‌باشد. تغییر جمعیت علف‌های هرز به چند گونه غالب بیانگر فراهم شدن شرایط لازم برای سازش این گونه‌ها به عملیات زراعی رایج می‌باشد.

روش‌های پایش علف‌های هرز توسط بسیاری از دانشمندان معرفی شده است. استفاده از فراوانی نسبی، یکنواختی نسبی و تراکم نسبی برای هرگونه به‌خصوص علف‌های هرز جنبه‌های مختلف گیاهان هرز در محصولات زراعی مختلف را نشان داد (Keshavarz et al., 2008). یک سیستم اطلاعاتی صحیح قادر است توانایی تصمیم‌گیری را به نحو قابل ملاحظه‌ای افزایش دهد. در این میان سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) که به نرم‌افزارهای مختلفی متکی است، می‌تواند اطلاعات متفاوتی را به بهترین نحو ممکن گرد

این تنوع فراتر از تولید مواد غذایی بوده و اثرات مثبتی نظیر گردش مواد غذایی، کنترل آفات، بیماری‌ها و گیاهان هرز را در بر دارد. تنوع سیستم‌های زراعی در وهله اول در راستای تنوع اقلیمی بوده و پس از آن به تنوع خصوصیات خاک مربوط می‌شود که خود متأثر از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک می‌باشد (Naeem, 1995).

با وجود اینکه اهمیت تنوع در بوم‌نظام‌های زراعی توسط بسیاری از محققین مورد تأیید قرار گرفته ولی اطلاعات موجود در مورد اثر متقابل بین تنوع و کارکرد بوم‌نظام‌های زراعی ناچیز است، البته توافق عمومی بر این است که افزایش تنوع، پیچیدگی ذاتی بوم‌نظام‌های زراعی را افزایش داده و از این طریق، فرآیندهای آن را تقویت می‌کند (Koocheki et al., 2004) برای حفاظت و بهره‌برداری مطلوب از تنوع زیستی اکوسیستم‌های کشاورزی، شناخت ویژگی‌ها و پراکندگی مکانی و زمانی اجزای آن، در همه سطوح ضروری می‌باشد (Ale-ebrahim, 2008).

گیاهان هرز به‌عنوان یکی از اجزای مکمل بوم‌نظام‌های کشاورزی و جزئی جدایی‌ناپذیر از سیستم‌های کشاورزی محسوب شده و در ایجاد و توسعه تنوع در نظام‌های کشاورزی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند (Nowrooz Zadeh et al., 2008). زیرا بسیاری از گیاهان زراعی رابطه خویشاوندی نزدیکی با آن‌ها داشته و بین آن‌ها تبادل ژنتیکی صورت می‌گیرد. از طرف دیگر، بسیاری از گیاهان هرز مأمون و جایگاه زندگی و تکثیر شکارچیان طبیعی آفات گیاهان زراعی، پرندگان و پستانداران کوچک می‌باشند (Koocheki et al., 2006). به دلیل آثار مخرب ناشی از رقابت بر عملکرد محصولات زراعی، بیشتر کشاورزان از راهبردهای مدیریتی برای به‌حداقل رساندن خسارت علف‌های هرز استفاده می‌کنند. چنین اعمال مدیریتی می‌تواند آثار مستقیم یا غیرمستقیمی بر تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی داشته باشد (Nowrooz Zadeh et al., 2008).

تنوع و اندازه جمعیت‌های علف‌هرز متأثر از عوامل زنده و غیر زنده متعددی است (Mohammadvand et al., 2009). پراکنش علف‌های هرز و قدرت توسعه آن‌ها از مهمترین عوامل عدم کنترل این گیاهان محسوب می‌شود. معمولاً ترکیب و تراکم گیاهان علف‌هرز منعکس‌کننده نظام تولید و عملیات زراعی به‌کار رفته است. کاهش نظام زراعی مخلوط و توجه به تولید گسترده غلات با تکیه بر کودهای مصنوعی و علف‌کش‌های انتخابی، موجبات نقصان تنوع گیاهان علف‌هرز را فراهم آورد، در حالی که تراکم علف‌های هرز به

آوری، پردازش و تلفیق نماید. GIS کاربردهای متعددی در زیر ساختارهای بخش کشاورزی یافته است (Mitchell & Pike, 1996).

استفاده از سامانه تعیین موقعیت جهانی (GPS) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) به عنوان ابزاری کارآمد جهت تخمین نقاط آلوده به گیاهان هرز و همچنین تهیه نقشه پراکنش آن‌ها به اثبات رسیده است (Lass & Callhan, 1993).

توماس (Thomas, 1985) به مدت چهار سال در ساسکاچوان (کانادا) نقشه پراکنش گیاهان هرز را در محصولات زراعی مختلف تهیه نمود. وی با تعیین فراوانی نسبی، یکنواختی نسبی و تراکم نسبی برای هر گونه از گیاهان هرز جنبه‌های مختلف حضور گیاهان هرز در محصولات زراعی مختلف را بررسی نمود.

گندم به عنوان یک محصول استراتژیک جایگاه خاصی در بین تولیدات کشاورزی کشور دارد و بیشترین سطح زیر کشت را در کشور به خود اختصاص داده است. علف‌های هرز یکی از مهمترین عوامل کاهش عملکرد در مزارع گندم محسوب می‌شوند (Salonen, 1993). شناخت دقیق فلور و مطالعه تنوع گونه‌ای و کارکردی علف‌های هرز نقش ویژه‌ای در مدیریت این گیاه دارد و به عنوان یک نیاز اولیه برای مدیریت تولید و روشی مؤثر در اجرای برنامه‌های کنترل علف‌های هرز در زراعت این گیاه مطرح است (Santiago et al., 2004).

علف پشمکی (*Bromus tectorum* L.) گیاهی است یک‌ساله عمدتاً زمستانه از خانواده گرامینه²، خودگشن و کمی دارای دگرگشتی؛ این گیاه دارای اکوتیپ‌های مختلف از نظر خصوصیات مرفولوژی و فنوتیپی می‌باشد (Rashedmohasel et al., 2001). دارای دو اکوتیپ است. یکی گونه *tectorum* که لمای آن بدون پرز بوده و دیگری گونه *hirsutus* که لمای آن پرزدار است و در نواحی تپه‌های کم ارتفاع، بیابان‌های گچی و زمین‌های شنی روییده و در جنگل‌ها نیز بسیار دیده می‌شود (Dezfooli, 1997). این گیاه هرز بومی آسیای جنوب غربی است که توانایی بالایی در سازگاری سریع به شرایط اقلیمی جدید را دارد و به سرعت شکل مهاجم به خود می‌گیرد (Menalled et al., 2008). علف‌پشمکی که سرعت جوانه‌زنی بالایی نیز دارد؛ در گندم و جو (*Hordeum vulgare* L.) زمستانه به عنوان یک مشکل جدی محسوب شده و باعث کاهش محصول و پایین

آوردن کیفیت آن می‌شود (Hardegree et al., 2010). این علف‌هرز در امریکا تا ارتفاع 40000 متری رشد می‌کند (Hunter, 1991) ولی در آسیا تا 3000 متری دیده می‌شود (Upadhyaya et al., 1986).

با توجه به اهمیت گندم و جایگاه آن در اقتصاد کشور و همچنین غالبیت و تنوع حضور گونه‌های هرز گرامینه به‌ویژه علف پشمکی که از جمله عوامل خسارت‌زا به مزارع غلات دانه‌ریز و باغات بوده و امروزه در برخی مناطق حالت مهاجم به خود گرفته و باعث تغییر در توالی‌های اکوسیستم شده که نیاز به کاستن از مشکل این گیاه هرز را روشن‌تر می‌سازد، هدف از این تحقیق دیده‌بانی علف‌پشمکی و گیاهان هرز هم خانواده آن از سطح مزارع گندم شهرستان خرم‌آباد به عنوان شاخصی از غرب کشور و نیز مشهد و نیشابور به عنوان نماینده و شاخص شمال شرق کشور بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌گیری از سطح 40 مزرعه گندم آبی شهرستان خرم‌آباد و 27 مزرعه در مشهد و 28 مزرعه در نیشابور در سال 1391 طی بهار و در طول فصل رشد گیاه زراعی انجام گرفت. خرم‌آباد به طول جغرافیایی 45 درجه و 17 دقیقه و عرض 33 درجه و 26 دقیقه، 1147 متر ارتفاع از سطح دریا و 525 میلی‌متر میانگین بارندگی سی ساله و دارای اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد. مشهد با طول جغرافیایی 59 درجه و 15 دقیقه تا 60 درجه و 36 دقیقه و عرض جغرافیایی 35 درجه و 43 دقیقه تا 37 درجه و 8 دقیقه دارای ارتفاع 985 متر از سطح دریا با آب و هوای معتدل و متغیر است. نیشابور بین 58 درجه و 19 دقیقه تا 59 درجه و 30 دقیقه طول جغرافیایی و 35 درجه و 40 دقیقه تا 36 درجه و 39 دقیقه عرض جغرافیایی با ارتفاع 1250 متر از سطح دریا در حاشیه شرقی کویر مرکزی ایران واقع شده است (Anonumous, 2013).

نمونه‌گیری در هر مزرعه به صورت الگوی W بود. سعی شد تقریباً در تمامی مزارع مورد پایش، نمونه‌گیری‌ها در مرحله پس از به ساقه رفتن گندم و پیش از پر شدن دانه‌ها صورت بگیرد. با این کار تا حدی می‌توان گیاهان هرز جوانه زده در اوایل و اواسط فصل رشد را طی یک مرحله مشاهده و ثبت نمود. پس از پرتاب هر کادر 0/25 مترمربعی انواع علف‌های هرز هر کادر به تفکیک جنس و گونه دقیقاً شناسایی گردید. علاوه بر این، تعداد علف‌های هرز هر گونه در هر کادر هم مشخص شد و تنها مشخصات گونه‌های متعلق به خانواده

1- Global positioning system

2- Poaceae

میانگین تراکم گونه

$$D_k = \frac{\sum Z_i}{m} \times 4 \quad (4)$$

D_k : تراکم (تعداد بوته در مترمربع) برای گونه k در سطح مزرعه،
 Z_i : تعداد بوته از گونه k در کادرهای 50 در 50 سانتی متر و m : تعداد
 کادر انداخته شده می باشد.

اهمیت نسبی گونه

اهمیت نسبی گونه وابسته به شاخص های فراوانی گونه و
 یکنواختی گونه در سطح مزرعه است و از حاصل جمع این دو شاخص
 تقسیم بر دو به دست می آید:

$$Ris = \frac{U_k + RF_k}{2} \quad (5)$$

شاخص تنوع شانون-وینر¹

متداول ترین شاخص اندازه گیری تنوع گونه ای است.

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i) \quad (6)$$

درجایی که H' : شاخص تنوع شانون؛ S : تعداد گونه؛ i : فراوانی
 گونه و P_i : فراوانی نسبی گونه ای مشخص است که از طریق زیر
 محاسبه می شود (Shanon, 1948):
 $P_i = \frac{n_i}{N}$ که در آن n_i تعداد افراد یا فراوانی هر گونه مشخص و
 N تعداد کل افراد یا مجموع فراوانی تمامی گونه ها
 می باشد. مقدار این شاخص از 1/5 برای غنای (تعداد گونه ها) کمتر و
 فراوانی نسبی بیشتر تا 3/5 برای غنای بیشتر و فراوانی نسبی کمتر
 متغیر است.

شاخص غالبیت سیمپسون²

$$D = \sum \{ [n_i(n_i-1)] / [N(N-1)] \} \quad (7)$$

هرچه مقدار این شاخص بیشتر باشد تنوع و یکنواختی گونه ای
 کاهش یافته و غالبیت گونه ای افزایش می یابد (Simpson, 1949).

شاخص تنوع سیمپسون³:

$$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \quad (8)$$

گندمیان ثبت گردید. برای تعیین اهمیت گونه های هرز نامبرده در
 سطح مزارع منطقه از شاخص های فراوانی گونه، یکنواختی پراکنش و
 تراکم گونه و شاخص های تنوع شانون-وینر و سیمپسون استفاده شد.
 یادآور می شود مزارع گندم به صورت تصادفی و بر اساس فاریاب
 بودن انتخاب شده اند. علاوه بر آن سعی شده تقریباً در جهات مختلف
 جغرافیایی هر شهرستان تعدادی مزرعه انتخاب شود که نسبتاً نماینده
 مزارع گندم منطقه مورد بررسی باشند.

فراوانی گونه

$$F_k = \frac{\sum Y_i}{n} \times 100 \quad (1)$$

F : فراوانی گونه k بر اساس بود یا نبود آن در سطح مزارع مورد
 بازدید صرف نظر از سطح تراکم؛ گویای درصد مزارعی که گونه مورد
 نظر در آن ها مشاهده شده است، Y_i : حضور (1) یا عدم حضور (0)
 گونه k در مزرعه شماره i و n : تعداد مزرعه مورد بازدید می باشد
 (Thomas, 1985).

فراوانی نسبی

$$RF_k = \frac{F_k}{\sum F} \times 100 \quad (2)$$

RF : فراوانی نسبی گونه k ؛ گویای درصد فراوانی گونه مورد نظر
 از مجموع فراوانی تمام گونه ها، FK : فراوانی گونه k و $\sum F$ مجموع
 فراوانی تمامی گونه ها می باشد (Thomas, 1985).

یکنواختی گونه در مزرعه

$$U_k = \frac{\sum X_i}{m} \times 100 \quad (3)$$

U_k : یکنواختی مزرعه برای گونه k بر اساس بود یا نبود آن در
 کادرهای انداخته شده در سطح مزارع صرف نظر از سطح تراکم؛
 گویای درصد کوآدرات هایی می باشد که گونه هدف در آن ها مشاهده
 شده است، X_i : حضور (1) یا عدم حضور (0) گونه k در کوآدرات
 شماره i و m : تعداد کوآدرات انداخته شده می باشد (Thomas, 1985).

1- Shannon-Wiener diversity index
 2- Simpson dominance index
 3- Simpson's index of diversity

مقدار این شاخص بین 1 و صفر بوده و عدد یک نمایانگر بالاترین یکنواختی گونه‌ای با تعداد گونه‌های غالب کمتر و عدد صفر بیانگر کمترین یکنواختی می‌باشد (Simpson, 1949). ولی به‌طور قراردادی از معکوس آن استفاده می‌شود که در این حالت دامنه آن بین 1 تا 5 می‌باشد (Bazoobandi et al., 2007). هرچه غلبه یک گونه (یا تعداد اندکی) در جامعه بیشتر باشد، تنوع کمتر خواهد بود.

تجزیه کلاستر (خوشه‌ای)

از تجزیه خوشه‌ای به روش دندانه‌ای¹ در نرم افزار JMP نسخه 7 بر اساس فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی برای گروه‌بندی گونه‌های علف‌هرز استفاده شد.

نقشه پراکنش

مختصات نقاط و مزارع مورد پایش با استفاده از GPS ثبت و نقشه پراکنش گیاه هرز علف پشمکی بر اساس سیستم مختصات UTM WGS84 بر مبنای نقشه‌های موجود در نرم‌افزار Google Earth به کمک تکنیک GIS ترسیم گردید.

سیستم مختصات UTM از دو مشخصه شمالی و شرقی جهت نمایش مختصات استفاده می‌کند. موقعیت‌هایی که در یک ناحیه قرار دارند بر حسب فاصله شرقی یا غربی که از خط UTM اصلی دارند و همچنین فاصله شمالی یا جنوبی که از خط استوا دارند اندازه‌گیری می‌شوند.

شناسایی گونه‌ها

در پایان یادآور می‌شود نمونه‌های گیاهان هرز گرامینه پس از گردآوری از سطح مزارع مورد پایش و خشک کردن، با قرار دادن در پاکت‌های مخصوص، جهت شناسایی در حد جنس و گونه و همچنین علف پشمکی - جهت شناسایی در حد اکوتیپ، به بخش رستنی‌های مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور ارسال گردید.

نتایج و بحث

وضعیت علف پشمکی و سایر گرامینه‌ها در مزارع گندم خرم‌آباد

نتایج نشان داد که علاوه بر دو اکوتیپ علف پشمکی 16 گونه علف‌هرز دیگر از خانواده گندمیان در مزارع مورد بررسی مشاهده

شدند. فراوانی نسبی علف پشمکی اکوتیپ *hirsutum* با 8/76 درصد از میانگین پنج مرتبه نمونه‌برداری بیشتر از اکوتیپ *tectorum* با فراوانی 4/76 درصد بود. در مجموع یولاف وحشی زمستانه (*Avena ludoviciana* L.) با 19/65 و پس از آن جو دره (*Hordeum spontaneum* C. Koch) با 13/52 درصد بیشترین فراوانی نسبی را به خود اختصاص دادند، چاودار (*Secale cereale* L.) با 7/88، جو زراعی (*Hordeum vulgare* L.) با 3، جو موشی (*Hordeum murinum* L.) با 2/38، یولاف وحشی بهاره (*Avena fatua* L.) با 1/63، علف پشمکی ژاپنی (*Bromus japonicus* Thunb.) با 1/38، چچم (*Lolium temulentum* L.) با 1/25، خونی‌واش دانه‌درشت (*Phalaris brachystachys* L.) با 1/13، چمنی یک‌ساله (*Poa annua* L.) با 1، کاه موشک (*Bromus danthoniae* Trin.)، چمنی پیازی (*Poa bulbosa* L.)، دم روباهی کشیده (*Alopecurus myosuroides* Huds.) با 0/88، قیاق (*Sorghum halepense* L.) با 0/75 و علف پشمکی عقیم (*B. sterilis* L.) و پنجه‌مرغی (*Cynodon dactylon* L.) با 0/5 درصد فراوانی نسبی در رتبه‌های بعدی فراوانی قرار داشتند. در این بین قیاق و پنجه‌مرغی چندساله و مابقی یک‌ساله بودند. همچنین مشاهده شد که اکوتیپ *hirsutum* علف پشمکی نسبت به اکوتیپ *tectorum* از تراکم نسبی بالاتری برخوردار بود (جدول 1). از ویژگی‌های گیاهان یک‌ساله توان بازیابی و قابلیت تکثیر سریع پس از تخریب‌هایی است که در محیط روی می‌دهد. بنابراین فراوانی بیشتر یک‌ساله‌ها در اراضی کشاورزی که با تخریب مداوم همراه هستند دور از انتظار نیست. علاوه بر این در کشت بوم‌ها، غالب گیاهان زراعی از نوع یک‌ساله می‌باشند و طبیعی است گیاهان هرز یک‌ساله که از احتیاجات رشدی مشابه با گیاه زراعی برخوردارند فراوان‌تر از گیاهان هرز چندساله باشند (Lososova et al., 2008) و مشابه این نتایج در این مطالعه نیز بدست آمد.

سوری و همکاران (Souri et al., 2008) با مطالعه وضعیت پراکنش مزارع گندم آبی استان لرستان مشاهده کردند که یولاف وحشی بهاره، یولاف وحشی زمستانه، چچم، جودره و جو موشی گیاهان هرز باریک برگ غالب مزارع این منطقه را تشکیل می‌دهند. مین‌باشی معینی و همکاران (Minbashi Moeini et al., 2009) نیز طی یک بررسی در مورد پراکنش گیاهان هرز مزارع گندم استان تهران مشاهده کردند که گیاهان هرز باریک‌برگ غالب مزارع شامل یولاف وحشی، جو دره و چاودار بودند.

1- Ward cluster analysis method

جدول 1- یکنواختی گونه، میانگین تراکم بوته، یکنواختی نسبی، تراکم نسبی، غنای گونه، اهمیت

نسبی و فراوانی نسبی گونه‌های گرامینه در سطح مزارع گندم خرم‌آباد

Table 1- Uniformity, average density, relative uniformity, relative density, species richness, and relative frequency of grass species in wheat farms of Khorramabad

گونه علف‌هرز	یکنواختی گونه در سطح مزارع	میانگین تراکم بوته در متر مربع	یکنواختی نسبی	تراکم نسبی	فراوانی گونه در سطح مزرعه	اهمیت نسبی گونه	فراوانی نسبی
Weed species	Uniformity of species in the field	Average density per m ²	Relative uniformity	Relative density	Species richness at the field	Relative importance of species	Relative frequency
دم روباهی باریک <i>Alopecurus myosuroides</i>	3.5	0.3	1.23	0.53	15	9.25	0.88
یولاف وحشی زمستانه <i>Avena ludoviciana</i>	78.5	20.82	27.69	36.45	97.5	88	19.65
یولاف وحشی بهاره <i>A. fatua</i>	6.5	1.18	2.29	2.07	17.5	12	1.63
علف پشمتکی اکوتیپ هیرسوتوم <i>Bromus tectorum/hirsotum</i>	35	4.66	12.35	8.16	70	52.5	8.76
علف پشمتکی اکوتیپ تکتوروم <i>B. tectorum/tectorum</i>	19	2.5	6.70	4.38	45	32	4.76
کاه موشک <i>B. danthoniae</i>	3.5	0.4	1.23	0.70	15	9.25	0.88
علف پشمتکی ژاپنی <i>B. japonicus</i>	5.5	0.7	1.94	1.23	22.5	14	1.38
علف پشمتکی عقیم <i>B. sterilis</i>	2	0.42	0.71	0.74	10	6	0.50
پنجه مرغی <i>Cynodon dactylon</i>	2	0.12	0.71	0.21	10	6	0.50
جو دره <i>Hordeum spontaneum</i>	54	12.72	19.05	22.27	87.5	70.75	13.52
جو موشی <i>H. murinum</i>	9.5	2.04	3.35	3.57	27.5	18.5	2.38
جو زراعی <i>H. vulgare</i>	12	1.72	4.23	3.01	35	23.5	3.00
چچم <i>Lolium sp.</i>	5	0.46	1.76	0.81	20	12.5	1.25
خونی واش دانه درشت <i>Phalaris brachystachys</i>	4.5	0.58	1.59	1.02	17.5	11	1.13
چمنی یکساله <i>Poa annua</i>	4	0.52	1.41	0.91	12.5	8.25	1.00
چمنی پیازدار <i>P. bulbosa</i>	3.5	0.58	1.23	1.02	15	9.25	0.88
چاودار <i>Secale cereale</i>	31.5	7.16	11.11	12.54	55	43.25	7.88
قیاق <i>Sorghum halepense</i>	4	0.24	1.41	0.42	12.5	8.25	0.75

وضعیت علف‌پشمتکی و سایر گرامینه‌ها در مزارع گندم

مشهد

بر اساس مشاهده نتایج حاصل از این تحقیق علاوه بر دو اکوتیپ

hirsotum و tectorum علف‌پشمتکی 13 گونه علف‌هرز دیگر از

خانواده گندمیان مشاهده شد. فراوانی نسبی علف پشمتکی (اکوتیپ

tectorum) با 12/44 درصد بیشتر از اکوتیپ hirsotum با فراوانی

نسبی 7/25 درصد بود. یولاف وحشی بهاره با 13/99 درصد از بیشترین فراوانی نسبی را به خود اختصاص دادند. میانگین پنج نمونه گیری و پس از آن جو دره با 12/95 درصد

جدول 2- یکنواختی گونه، میانگین تراکم بوته، یکنواختی نسبی، تراکم نسبی، غنای گونه، اهمیت نسبی و فراوانی نسبی گونه های گرامینه در سطح مزارع گندم مشهد

Table 2- Uniformity, the average density, relative uniformity, relative density, species richness, and relative frequency of grass species in wheat farms of Mashhad

گونه علف هرز	یکنواختی گونه در سطح مزارع	میانگین تراکم بوته در متر مربع	یکنواختی نسبی	تراکم نسبی	فراوانی گونه در سطح مزرعه	اهمیت نسبی گونه	فراوانی نسبی
Weed species	Uniformity of species in the field	Average density per m ²	Relative uniformity	Relative density	Species frequency at the field	Relative importance of species	Relative frequency
جودره <i>Hordeum spontaneum</i>	74.81	19.61	20.91	25.80	92.59	83.70	12.95
جو زراعی <i>H.vulgare</i>	10.37	0.98	2.90	1.29	44.44	27.41	6.22
جو موشی <i>H.murinum</i>	6.67	1.24	1.86	1.64	22.22	14.44	3.11
دم روباهی کبیر <i>Setaria viridis</i>	26.67	2.73	7.45	3.59	74.07	50.37	10.36
علف پشمکی اکوتیپ تکتوروم <i>Bromus tectorum/tectorum</i>	42.96	5.69	12.01	7.48	88.89	65.93	12.44
چاودار <i>Secale cereale</i>	49.63	13.84	13.87	18.20	77.78	63.70	10.88
یولاف وحشی بهاره <i>Avena fatua</i>	92.59	27.23	25.88	35.81	100	96.30	13.99
یولاف وحشی زمستانه <i>A. ludoviciana</i>	13.33	1.60	3.73	2.10	40.74	27.04	5.70
چچم <i>Lolium sp.</i>	5.93	0.50	1.66	0.66	22.22	14.07	3.11
پنجه مرغی <i>Cynodon dactylon</i>	3.70	0.24	1.04	0.31	18.52	11.11	2.59
علف پشمکی چاوداری <i>B.secalinus</i>	2.22	0.27	0.62	0.35	11.11	6.67	1.55
علف پشمکی اکوتیپ هیرسوتوم <i>B. tectorum/hirsutum</i>	10.37	1.16	2.90	1.52	51.85	31.11	7.25
علف پشمکی ژاپنی <i>B.japonicus</i>	8.15	0.39	2.28	0.51	25.93	17.04	3.63
دم روباهی باریک <i>Alopecurus myosuroides</i>	3.70	0.21	1.04	0.27	14.81	9.26	2.07
خونی واش دانه درشت <i>Phalaris brachystachys</i>	6.67	0.36	1.86	0.47	29.63	18.15	4.15

یولاف زمستانه با 6/45، جوموشی و جو زراعی با 5/38، دم روباهی کبیر با 4/48، خونی‌واش دانه درشت با 4/30، چچم با 3/76، علف پشمکی ژاپنی و اسب علف (*Bromus madritensis* L.) با 3/23، چمنی یکساله با 2/69، علف پشمکی چاوداری و پنجه‌مرغی با 1/61 و نهایتاً دم روباهی کشیده و خونی‌واش (*Phalaris minor* Retz.) با 1/08 درصد در رتبه‌های بعدی فراوانی نسبی قرار داشتند (جدول 3).

ادیم و همکاران (Edim et al., 2010) با بررسی وضعیت پراکنش گیاهان هرز مزارع گندم استان سیستان و بلوچستان مشاهده کردند که گونه‌های علف پشمکی ژاپنی، یولاف وحشی زمستانه و خونی‌واش گیاهان هرز باریک‌برگ غالب مزارع گندم این استان به شمار می‌روند. تداوم سیستم مدیریتی رایج در مزارع گندم متکی بر استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی، مبارزه شیمیایی گسترده با گیاهان هرز و تناوب گندم با گیاهان تابستانه، موجب کاهش تنوع گونه‌ای و کارکردی گیاهان هرز و افزایش فراوانی و تراکم گیاهان هرز خاصی شده است (Koocheki et al., 2006).

نکته مهمی را که بایستی مد نظر داشت این است که علی‌رغم فاصله جغرافیایی شهرستان‌های مورد پایش، ولی گونه‌های موجود دارای تشابه نسبتاً زیادی نسبت به هم بودند.

شاخص تنوع شانون-وینر در مزارع گندم

مقدار شاخص تنوع شانون-وینر برای مزارع گندم خرم‌آباد، مشهد و نیشابور به ترتیب به میزان 2/24، 2/16 و 2/29 بود. میزان بالاتر شاخص تنوع شانون-وینر در نیشابور بیانگر پایین بودن نسبی غنای گونه‌ای گونه‌های مورد پایش در مزارع گندم مشهد نسبت به نیشابور و خرم‌آباد بود.

منگ و همکاران (Meng et al., 1999) در آزمایشی بیان داشتند که حداکثر مقدار شاخص شانون در بوم‌نظام‌های زراعی رایج در حدود سه است و این درحالی است که در نظام‌های زراعی سنتی مقادیر بالاتر از سه نیز گزارش شده است. شریفی نیارگ (Sharifi niarag, 1995) نیز در طی تحقیقی تنوع و غنای گونه‌ای بیشتر را در مراتع و مزارع سنتی مشاهده نمود. نتایج برخی مطالعات نشان داده است که هر چه میزان دستکاری در یک نظام زراعی کمتر باشد، شاخص تنوع شانون آن نظام بالاتر است، به طوری که شاخص شانون نظام‌های کشاورزی رایج، به دلیل دستکاری و همچنین به کارگیری نهاده‌های

چاودار با 10/88، دم روباهی کبیر (*Setaria viridis* L.) با 10/36، جو زراعی با 6/22، یولاف وحشی زمستانه با 5/70، خونی‌واش دانه درشت با 4/15، علف پشمکی ژاپنی با 3/63، چچم (*Lolium* sp.) و جو موشی با 3/11، پنجه‌مرغی با 2/59، دم‌روباهی کشیده با 2/07 و علف پشمکی چاوداری با 1/55 درصد فراوانی نسبی در رتبه‌های بعدی فراوانی قرار داشتند. در این بین تنها پنجه‌مرغی چندساله بوده و مابقی یکساله بودند (جدول 2).

نوروز زاده و همکاران (Nowrooz Zadeh et al., 2008) طی یک تحقیق در مزارع گندم خراسان مشاهده کردند که خانواده گندمیان با 25 گونه متنوع‌ترین خانواده علف‌های هرز تک لپه در مزارع گندم بود.

جهانی‌کندری و همکاران (Jahani Kondori et al., 2012) با بررسی تنوع گونه‌ای گیاهان هرز مزارع گندم شرق مشهد، 8 گونه باریک برگ از گیاهان هرز متعلق به خانواده گندمیان را مشاهده کردند.

رسام و همکاران (Rassam et al., 2010) نیز با بررسی تنوع و فراوانی گیاهان هرز مزارع گندم جاجرم مشاهده کردند که در مزارع پیمایش شده تعداد 23 گونه گیاه هرز به ثبت رسید که در این بین علف پشمکی، چچم، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.)، علف هفت بند (*Polygonum avicular* L.) و سلمه‌تره (*Chenopodium album* L.) به ترتیب از بیشترین تراکم برخوردار بودند.

باید اذعان داشت که اختلاف در شیوه مدیریت زراعی (کود دهی و استفاده از سموم) مهم‌ترین عامل تعیین‌کننده ترکیب گونه‌های گیاه هرز و در نتیجه تنوع آن‌ها می باشد (Koocheki et al., 2006).

وضعیت علف پشمکی و سایر گرامینه‌ها در مزارع گندم نیشابور

بر اساس مشاهده نتایج حاصل از این تحقیق علاوه بر دو اکوتیپ *hirsutum* و *tectorum* علف پشمکی 16 گونه علف هرز دیگر از خانواده گندمیان مشاهده شد. فراوانی نسبی دو اکوتیپ علف پشمکی به میزان 10/75 و یکسان بود. یولاف بهاره با 14/52 درصد فراوانی از میانگین پنج نمونه‌گیری و پس از آن چاودار با 11/29 درصد، بیشترین فراوانی نسبی را به خود اختصاص دادند. جو دره با 8/06

شیمیایی در مقایسه با نظام‌های طبیعی کمتر است (Izak & Papp, 2000).

جدول 3- یکنواختی گونه، میانگین تراکم بوته، یکنواختی نسبی، تراکم نسبی، فراوانی گونه، اهمیت نسبی و فراوانی نسبی گونه‌های گرامینه در سطح مزارع گندم نیشابور

Table 3- Uniformity, the average density, relative uniformity, relative density, species richness, and relative frequency of grass species in wheat farms of Neyshaboor

گونه علف‌هرز	یکنواختی گونه در سطح مزارع	میانگین تراکم بوته در متر مربع	یکنواختی نسبی	تراکم نسبی	فراوانی گونه در سطح مزرعه	اهمیت نسبی گونه	فراوانی نسبی
Weed species	Uniformity of species in the field	Average density per m ²	Relative uniformity	Relative density	Species frequency at the field	Relative importance of species	Relative frequency
چاودار <i>Secale cereale</i>	64.29	20.97	19.27	30.22	75.00	69.64	11.29
جو زراعی <i>Hordeum vulgare</i>	10.71	1.06	3.21	1.52	35.71	23.21	5.38
جو موشی <i>H. murinum</i>	10.71	1.17	3.21	1.69	35.71	23.21	5.38
جودره <i>H. spontaneum</i>	27.14	5.17	8.14	7.45	53.57	40.36	8.06
علف پشمکی اکوتیپ هیرسوتوم <i>Bromus tectorum/hirsutum</i>	39.29	5.06	11.78	7.29	71.43	55.36	10.75
علف پشمکی اکوتیپ تکتوروم <i>B. tectorum</i>	28.57	3.11	8.56	4.49	71.43	50.00	10.75
اسب علف <i>B. madritensis</i>	6.43	0.63	1.93	0.91	21.43	13.93	3.23
یولاف وحشی بهاره <i>Avena fatua</i>	86.43	26.63	25.91	38.37	96.43	91.43	14.52
یولاف وحشی زمستانه <i>A. ludoviciana</i>	17.86	1.74	5.35	2.51	42.86	30.36	6.45
دم روباهی کبیر <i>Setaria viridis</i>	7.86	0.91	2.36	1.32	32.14	20.00	4.84
علف پشمکی ژاپنی <i>B. japonicus</i>	6.43	0.63	1.93	0.91	21.43	13.93	3.23
خونی واش دانه درشت <i>Phalaris brachystachys</i>	7.86	0.66	2.36	0.95	28.57	18.21	4.30
علف پشمکی چاوداری <i>B. secalinus</i>	2.14	0.11	0.64	0.16	10.71	6.43	1.61
چچم <i>Lolium sp.</i>	5.71	0.40	1.71	0.58	25.00	15.36	3.76
چمنی یکساله <i>Poa annua</i>	4.29	0.43	1.28	0.62	17.86	11.07	2.69
پنجه مرغی <i>Cynodon dactylon</i>	3.57	0.31	1.07	0.45	10.71	7.14	1.61
دم روباهی باریک <i>Alopecurus myosuroides</i>	2.86	0.29	0.86	0.41	7.14	5.00	1.08
خونی واش <i>Phalaris minor</i>	1.43	0.11	0.43	0.16	7.14	4.29	1.08

شاخص تنوع سیمپسون در مزارع گندم

در مزارع گندم خرم‌آباد شاخص تنوع سیمپسون $1/04$ ، در مشهد $1/31$ و در نیشابور $1/16$ محاسبه شد. بالا بودن تنوع منجر به کاهش رقابت در اثر تفکیک نیچ و آشیانه اکولوژیک می‌شود. با توجه به میزان شاخص تنوع سیمپسون در این مناطق، این گونه استنباط می‌شود به‌طور نسبی یکنواختی کمی در بین گونه‌های گیاه هرز مزارع گندم مورد پایش وجود دارد. تنوع زیستی گیاهان هرز ضمن نشان دادن درجه ناهمگونی جوامع، تعداد گونه‌ها و برتری و اهمیت نسبی آن‌ها را نیز نشان می‌دهد (Legere & Derksen, 2000). بالا بودن شاخص تنوع سیمپسون در این تحقیق حاکی از بالا بودن رقابت بین گونه‌ها و حضور آن‌ها و نهایتاً بالا بودن تنوع بود. همچنین میزان شاخص تنوع سیمپسون نشان‌دهنده یکنواختی و نیز تنوع متعادل جامعه مورد بررسی می‌باشد (Bazooobandi et al., 2007).

از نتایج به‌دست آمده طی این تحقیق این گونه استنباط می‌شود که تک‌محصولی طی سالیان متمادی و به‌طبع استفاده از علف‌کش‌ها و روش‌های مدیریتی یکسان باعث تغییر ترکیب جوامع گیاهان هرز در بوم‌نظام‌های کشاورزی شده که این خود نیازمند بازنگری در شیوه‌های مدیریت مزرعه است. از این‌رو با توجه به اینکه تأثیر تناوب و علف‌کش‌ها بر فراوانی و تراکم (متأثر از تنوع) علف‌های هرز توسط برخی از محققین نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Beck, 2007; Hyvonen et al., 2003; Anderson & Telphick گیاهان هرز با تأکید بر روش‌های زارعی، استفاده بهینه از علف‌کش‌ها منطبق با فلور گیاهان هرز غالب هر منطقه (به‌ویژه گیاهان هرز سمج)، تناوب در علف‌کش‌ها (به منظور جلوگیری از غالبیت گیاهان هرز غیر حساس به یک علف‌کش و بروز مقاومت به علف‌کش‌ها)، توجه به افزایش جمعیت و فراوانی گیاهان هرز برگ باریک و استفاده منطقی از کودهای شیمیایی از مهمترین مواردی است که می‌بایست در مدیریت گیاهان هرز گندم مد نظر قرار گیرد. ایزاک و پاپ (Izak & Papp, 2000) نیز بیان داشتند که افزایش تعداد گونه در یک نظام منجر به افزایش تراکم و به‌تبع آن افزایش شاخص‌های تنوع می‌شود.

شاخص غالبیت سیمپسون

شاخص غالبیت سیمپسون در مزارع گندم خرم‌آباد $0/960$ ، در مزارع مشهد $0/764$ و در نیشابور $0/862$ محاسبه شد. با افزایش این

شاخص غالبیت بیشتر شده که در نتیجه از میزان تنوع و یکنواختی تا حدی کاسته می‌شود. شرایط اقلیمی، سطح زیر کشت و مدیریت از مهمترین عوامل در تعیین میزان تنوع و غالبیت گونه‌ها در سطح مزارع هستند. بر این اساس می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تداوم نظام‌های رایج متکی بر مصرف نهاده‌ها موجب تغییر بیشتر در تنوع، فراوانی و ترکیب گونه‌های گیاهان هرز و افزایش تراکم گونه‌های غالب و کاهش غنای گونه‌ای و تنوع کارکردی گیاهان هرز شده است (Hyvonen et al., 2003) و موجب شده مدیریت گیاهان هرز را در مزرعه مشکل‌تر شود.

تفاوت در شاخص‌های تنوع گونه‌ای و غالبیت با میزان و نوع عملیات مدیریتی در مزارع ارتباط دارد. به نظر می‌رسد تداوم سیستم مدیریتی رایج در مزارع گندم متکی بر استفاده بیش از حد از نهاده‌های کشاورزی، مبارزه شیمیایی گسترده با گیاهان هرز (به‌ویژه پهن برگ‌ها) و تناوب گندم با گیاهان تابستانه موجب کاهش تنوع گونه‌ای و تنوع کارکردی گیاهان هرز شده و افزایش فراوانی و تراکم گیاهان هرز غیرحساس به علف‌کش، گیاهان هرز باریک برگ، گیاهان هرز بهاره-تابستانه (که قابلیت فرار از علف‌کش را دارند)، گیاهان هرز نیتروفیل و گیاهان هرز چند ساله شده است.

سایر عملیات زراعی از جمله تناوب‌های نامناسب و کوتاه و یا کشت‌های مداوم نیز از جمله عوامل مؤثر بر کاهش تنوع گونه‌های گیاهان هرز می‌باشند (Koocheki et al., 2006).

در این بررسی با توجه به اینکه تنها گیاهان هرز هم‌خانواده گندم مورد پایش قرار گرفتند، ولی آن‌ها نیز به تنهایی نقش عمده‌ای در کاهش عملکرد گندم دارند. که به نظر می‌رسد استفاده مداوم از پهن‌برگ‌کش‌ها طی چندین سال گذشته سبب افزایش جمعیت باریک‌برگ‌ها در این مزارع شده است. همین امر سبب شده که تأثیر تناوب و علف‌کش‌ها بر فراوانی و تراکم گیاهان هرز توسط برخی از محققین نیز مورد تأیید قرار گیرد (Lavorel et al., 1997; Hyvonen et al., 2003; Anderson et al., 2007).

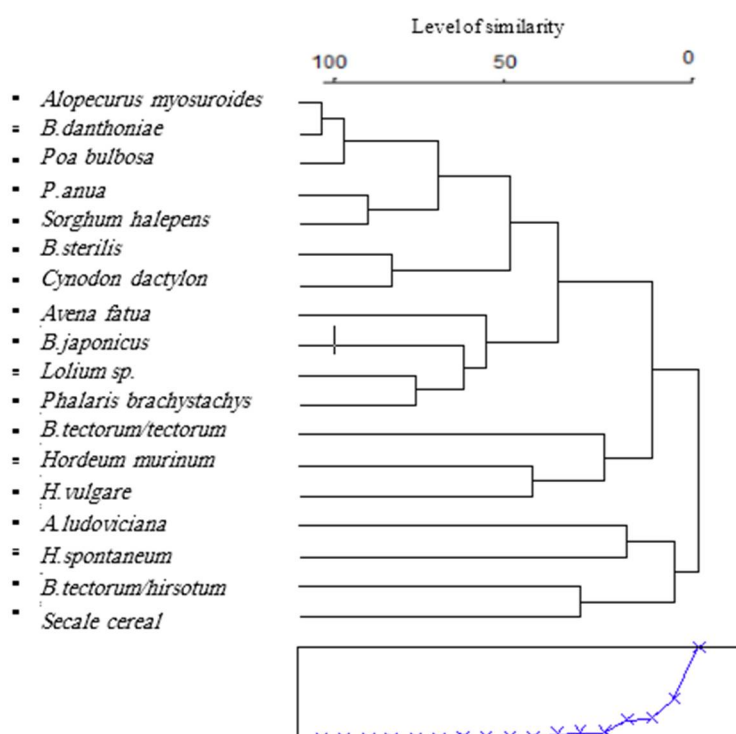
در مجموع، مشاهده شد مزارعی که از تنوع گونه‌ای بالاتری برخوردار بودند احتمالاً با عملیات مدیریتی ضعیف‌تر که دارای حداقل به‌کارگیری ماشین‌آلات کشاورزی و عدم کاربرد نهاده‌های شیمیایی از قبیل سموم و کود می‌باشند، اداره می‌شوند (مانند مزارع گندم خرم‌آباد و نیشابور). به‌طوری که با افزایش مساحت، مصرف نهاده‌ها نیز افزایش یافته و تنوع کاهش یافت (مزارع گندم مشهد). تأثیر نوع و میزان

مصرف نهاده‌ها و نحوه مدیریت گیاهان هرز بر جمعیت، تراکم و تنوع گیاهان هرز قابل توجه می‌باشد. با افزایش تنوع، توزیع غالبیت بین گونه‌ای بیشتری متمرکز می‌باشد و این عامل باعث کاهش خسارت گیاهان هرز گردیده در حالی که با کاهش تنوع، تعداد معدودی از گیاهان هرز در مزارع غالب شده و خسارت افزایش می‌یابد.

تجزیه کلاستر (خوشه‌ای)

خرم‌آباد

بر اساس آنالیز کلاستر، در 40 مزرعه مورد پایش مزارع گندم



شکل 1- گروه‌بندی گونه‌های گیاه هرز گرامینه شایع در سطح مزارع گندم خرم‌آباد با استفاده از تجزیه کلاستر داده‌های فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی

Fig. 1- Grouping of species of grasses are common weeds in wheat farms in Khorramabad using cluster analysis of species abundance at the farm level, relative density and relative uniformity

مشهد

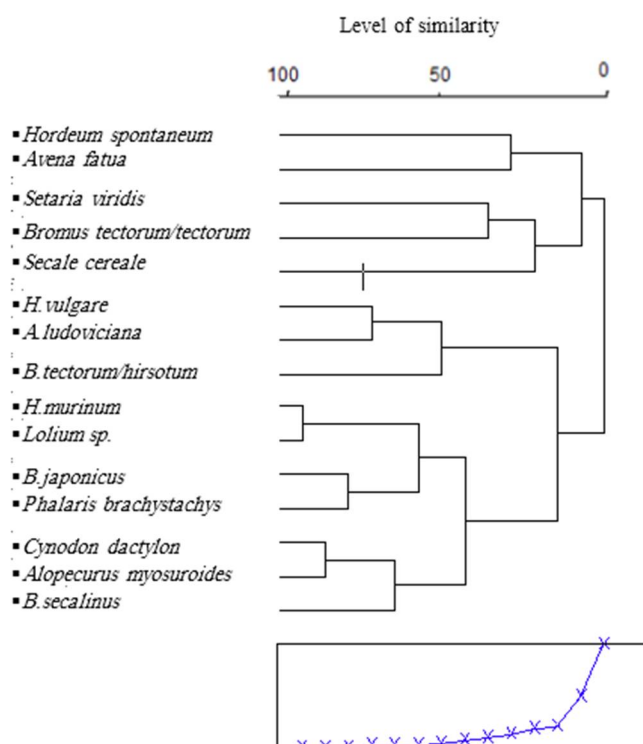
بر اساس آنالیز کلاستر در 27 مزرعه مورد پایش مزارع گندم مشهد برای صفات فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی در فاصله 2، گونه‌های علف‌هرز گرامینه در دو گروه قرار گرفتند (شکل 2). در گروه اول علف‌های هرز با اهمیت مانند جو دره، یولاف وحشی بهاره، اکوتیپ tectorum علف‌پشمکی، دم

مین‌باشی معینی و همکاران (Minbashi Moeini et al., 2012)

ادعان داشتند که مدیریت گیاهان هرز پهن‌برگ در مزارع گندم کشور مطلوب‌تر از مدیریت گیاهان هرز باریک‌برگ است و چنانچه نسبت به مدیریت گیاهان هرز علف‌پشمکی، چچم و فالاریس توجه کافی نشود، در سال‌های آینده این گیاهان هرز می‌توانند مشکل بیشتری نسبت به سایر گیاهان هرز ایجاد کنند.

شدند که خود آن‌ها بر اساس اهمیت نسبی در گروه‌های کوچکتر قرار گرفتند.

روباهی کبیر و نیز چاودار در سطح تشابه 10 درصد قرار گرفتند و سایر گیاهان هرز گرامینه مورد پایش به همراه اکوتیپ *hirsutum* در گروه دوم و در سطح تشابه 20 درصد به عنوان گروه کم‌اهمیت طبقه‌بندی



شکل ۲- گروه‌بندی گونه‌های گیاه هرز گرامینه شایع در سطح مزارع گندم مشهد با استفاده از تجزیه کلاستر داده‌های فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی

Fig. 2- Grouping of species of grasses are common weeds in wheat farms in Mashhad using cluster analysis of species abundance at the farm level, relative density and relative uniformity

بسیاری از مناطق ناشی از ریزش بذر در هنگام برداشت می‌باشد، با تأکید بر این نکته که عوامل متعددی نظیر کشت مداوم گندم، عدم رعایت تناوب های مؤثر زراعی، تهیه نامطلوب بستر بذر، پایین بودن تراکم بذر و به‌ویژه عدم توزیع یکنواخت آن در واحد سطح، تولید و ریزش بذور این علف‌هرز قبل از برداشت گندم و همچنین انتقال بذور علف‌های هرز از مزارع آلوده توسط جوی آب آبیاری باعث گسترش این گیاهان هرز می‌گردد.

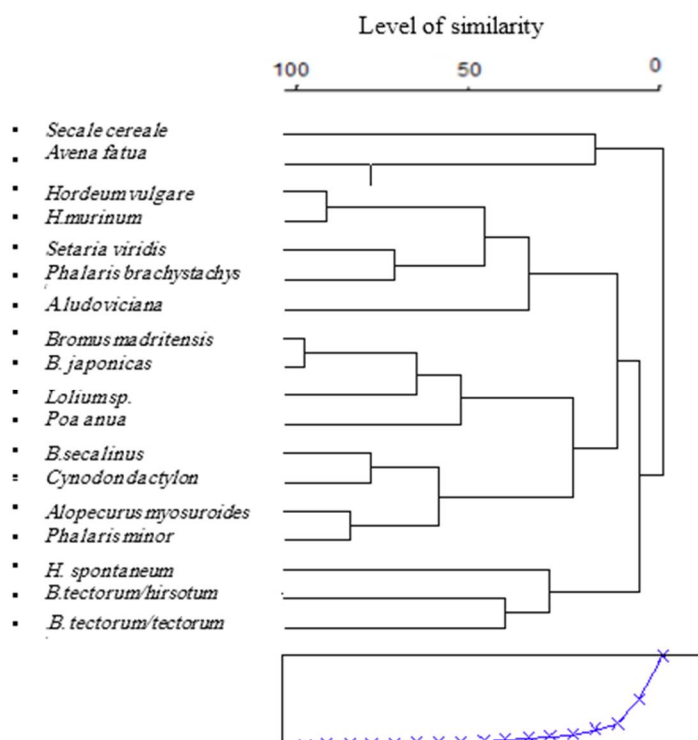
استفاده از مدیریت تلفیقی علف‌های هرز با تأکید بر روش‌های زارعی، استفاده بهینه از علف‌کش‌ها منطبق با فلور گیاهان هرز غالب هر مزرعه (به‌ویژه گیاهان هرز سمج)، تناوب در علف‌کش‌ها (به‌منظور

نیشابور

بر اساس آنالیز کلاستر در 28 مزرعه مورد پایش مزارع گندم نیشابور برای صفات فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی در فاصله 2، گونه‌های علف‌هرز گرامینه در دو گروه قرار گرفتند (شکل 3). در گروه اول گیاهان هرز با اهمیت مانند چاودار و یولاف بهاره در سطح تشابه 20 درصد قرار گرفتند و دو اکوتیپ علف پشمتکی و سایر گیاهان هرز گرامینه مورد پایش در گروه نسبتاً کم اهمیت و سطح تشابه زیر 10 درصد طبقه‌بندی شدند که خود آن‌ها بر اساس اهمیت نسبی در گروه‌های کوچکتر قرار گرفتند. فراوانی بالای جودره، یولاف زمستانه، علف‌پشمتکی و چاودار در

مواردی است که می‌بایست در مدیریت گیاهان هرز گندم به‌ویژه باریک‌برگ‌ها و به‌ویژه علف‌پشمکی مد نظر قرار گیرد.

جلوگیری از غالبیت گیاهان هرز غیرحساس به یک علف‌کش و بروز مقاومت به علف‌کش‌ها، توجه به افزایش جمعیت و فراوانی گیاهان هرز برگ باریک و استفاده منطقی از کودهای شیمیایی از مهمترین



شکل 3- گروه‌بندی گونه‌های گیاه هرز گرامینه شایع در سطح مزارع گندم نیشابور با استفاده از تجزیه کلاستر داده‌های فراوانی گونه در سطح مزرعه، تراکم نسبی و یکنواختی نسبی

Fig. 3- Grouping of species of grasses are common weeds in wheat farms in Neyshabour using cluster analysis of species abundance at the farm level, relative density and relative uniformity

گیاهان هرز گرامینه از ارتفاع از سطح دریا ممکن است به عوامل مدیریتی در مزرعه نیز مرتبط باشد.

با وجود این که شهرستان خرم‌آباد دارای اقلیمی نیمه سردسیری می‌باشد، از این رو حضور گونه‌های علف‌هرز سرما دوست در مزارع این شهرستان دور از انتظار نیست (Ahmadi, 2011).

نتیجه‌گیری

از ویژگی‌های گیاهان یک‌ساله مانند علف‌پشمکی توان بازیابی و قابلیت تکثیر سریع پس از تخریب‌هایی است که در محیط روی می‌دهد. بنابراین فراوانی بیشتر یک‌ساله‌ها در اراضی کشاورزی که با تخریب مداوم همراه هستند دور از انتظار نیست. علاوه بر آن و با توجه

در مجموع، در مناطق شمالی شهرستان خرم‌آباد که دارای ارتفاع بیشتر و نیز اقلیم سردتر می‌باشند فراوانی و تراکم این گیاه هرز در مزارع گندم به نسبت مناطق جنوبی و گرم‌تر تا حدی بیشتر است. در مزارع گندم مشهد نیز مزارع شمالی و نواحی سردتر دارای فراوانی و تراکم بیشتری از گیاه هرز علف‌پشمکی بودند، ولی در مزارع گندم نیشابور وضع تا حدودی متفاوت از دو منطقه پیشین بود. بدین صورت که بیشترین تراکم اکوتیپ *tectorum* در مزارع اطراف شهر نیشابور که دارای اقلیم نسبتاً گرم‌تر و ارتفاع کمتری بود مشاهده شد. و اکوتیپ *hirsotum* در مناطق مرتفع‌تر و به طبع سردتر دارای تراکم بیشتری بود.

البته باید این نکته را مد نظر داشت که دلیل پیروی نکردن تراکم

مدیریتی ضعیف‌تر که دارای حداقل به‌کارگیری ماشین‌آلات کشاورزی و عدم کاربرد نهاده‌های شیمیایی از قبیل سموم و کود می‌باشند، اداره می‌شوند.

به یافته‌های این پژوهش، این گونه استنباط می‌شود که تفاوت در شاخص‌های تنوع گونه‌ای و غالبیت احتمالاً با میزان و نوع عملیات مدیریتی در مزارع مورد پایش ارتباط دارد. در مجموع، می‌توان گفت مزارعی که از تنوع گونه‌ای بالاتری برخوردار بودند احتمالاً با عملیات

منابع

- Ahmadi, A.R. 2011. Weed floristic composition and chemical weed management of lentil (*Lens culinaris*) farms in Khorramabad. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)
- Ale- ebrahim, M.T. 2008. Spring study of biodiversity and density of weed flora Sabzevar orchards. In: 2nd Iranian Weed Science Congress. January 29-30, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summery).
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19-31.
- Anderson, R.L. and Beck, D.L. 2007. Characterizing weed communities among various rotations in central South Dakota. *Weed Technology* 21: 76-79.
- Anonous. 2013. Latitude and longitude of Iranian ctities. Available in Website: <http://www.noojum.com/other/astronomy-tools/187-online-tools/6266-longitude-latitude.html>
- Arun Kumar, S., Bhattacharya, M., Sarkar B., and Arunachalam, V. 2007. Weed floristic composition in plam gardens in Plains of Eastern Himalayan region of West Bengal. *Current Science* 92: 1434-1439.
- Bazooabandi, M., Sadrabadi Haghighi, R., and Beheshtian Mesgaran, M. 2007. Weeds ecology in agricultural and natural system. Sukhan Gostar publication and Research Department of Islamic Azad University, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Dutoit, T., Gerbaud, E., Buisson, E., and Roche, P. 2003. Dynamics of a weed community in a cereal field created after ploughing a seminatural meadow: Roles of the permanent seed bank. *Ecoscience* 10: 225-235.
- Dezfooli, M.A. 1997. Grass Weeds in Iran. Center of University Press. Tehran, Iran. (In Persian)
- Edim, H., Sarani, M., and Minbashi Moeini, M. 2010. Determining Weed Maps and population characteristics of Irrigated Wheat Fields for Sistan and Baluchestan Province. *Weed Research* 2(1): 1-14. (In Persian with English Summery)
- Fround-Williams, R.J. 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic managmentn in systems pp: 213-236, in M.A. Altieri and M. Liebman, Eds. *Weed managment in Agroecosystems. Ecological Approaches*. Boca Raton, Florida- United States, CRC Press.
- Hardegree, S.P., Moffet, C.A., Roundy, B.A., Jones, T.A., Novak, S.J., Clark, P.E., Pierson, F.B., and Flerchinger, G.N. 2010. A comparison of cumulative-germination response of cheatgrass (*Bromus tectorum* L.) and five perennial bunchgrass species to simulated field-temperature regimes. *Environmental and Experimental Botany* 69: 320-327.
- Hunter, R. 1991. Bromus invasions on the Nevada Test Site: present status of *Bromus rubens* and *Bromus tectorum* with notes on their relationship to disturbance and altitude. *The Great Basin Naturalist* 51(2): 176-182.
- Hyvonen, T., Ketoja, E., Salonen, J., Jalli, H., and Tiainen, J. 2003. Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture Ecosystems and Environment* 97: 131-149.
- Izsak, I., and Papp, L. 2000. A link between ecological diversity indices and measures of biodiversity. *Ecological Modeling* 130: 151-156.
- Jahani Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2012. Investigation of species diversity of weeds in wheat fields of eastern region of Mashhad. *Iranian Journal of Field Crops Research* 10(3): 468-476. (In Persian with English Summery)
- Keshavarz, K., Minbashi, M., and Saidi, K. 2008. Distribution and determination of dominant weed species in cereal fields of Kohgiluyeh and Boyerahmad province using GIS. In 2nd Iranian Weed Science Congress. January 29-30, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summery)
- Koocheki, A., Nasiri Mahallati, M., Tabrizi, L., Azizi, G., and Jahan, M. 2006. Assessment of species diversity, function and structure of weed communities. wheat and sugar beet farms in different provinces in Iran. *Iranian*

- Journal of Field Crops Research 4(1): 105-129. (In Persian with English Summery)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Zare Feizabadi, A., and Jahanbin, M. 2004. Assessment of crop diversity systems. Research and Development 17(2): 70-83. (In Persian with English Summery)
- Lass, L.W. and Callhan, R.H. 1993. GPS and GIS for weed survey and management. Weed Technology 7: 249-254.
- Lavorel, S., McIntyer, S., Landsberg, J., and Forbes, T.D.A. 1997. Plant functional classification: from general groups based on response to disturbance. Trend in Ecology and Evolution 12: 474- 478.
- Legere, A., and Derksen, D.A. 2000. Weed community diversity and cropping systems: concepts and applications. Third International Weed Science Congress. Foz do Iguassu, Brazil 2000 June 6 –11.
- Lemerle, D., Gill, G.S., Murphy, C.E., Walker, S.R., Cousens, R.D., Mokhtari, S., Peltzer, S., Coleman, R., and Luckett, D.J. 2001. Genetic improvement and agronomy for enhanced wheat competitiveness with weeds. Australian Journal of Agricultural Research 52: 527– 548.
- Lososova, Z., Chytrý, M., and Kuhn, I. 2008. Plant attributes determining the regional abundance of weeds on central European arable land. Journal of Biogeography 35: 177–187.
- Menalled, F., Mangold, J., and Davis, E. 2008. Cheatgrass: Identification, Biology and integrated management. www.msuxextension.org
- Meng, E.C., Smale, M., Rozella, S., Ruifa, H., and Huang, J. 1999. The cost of wheat diversity in China. American Agricultural Economics Association Annual Meeting. Nashville, Tennessee.
- Minbashi Moeini, M., Baghestani, M.A., Rahimian Mashhadi, H., and Alifard, M. 2009. Distribution of weeds in irrigated wheat farms in Tehran province using geographic information system (GIS). Weed Science 4: 97-118. (In Persian with English Summery)
- Minbashi Moeini, M., Ebtali, Y., Esfandiari, H., Edim, H., Barjesteh, A.R., Poorazar, R., Jahedi, A., Jafarzadeh, N., Jamali, M.R., Hosseini, M., Sarani, M., Sarihi, S., Sabahi, N., Sabahi Ardekani, A., Tabatabaee, R., Ghasemi, M.T., Lak, M.R., Moosavi, K., Makenali, A., Saeedi Naeeni, F., Mirvakili, M., Nazer Kakhki, H., Narimani, V., Nowrooz zadeh, Sh., Veisi, M., and Yoones Abadi, M. 2012. Mapping the distribution of weeds in irrigated wheat fields of Iran using Geographic Information System (GIS). Agronomy Journal-Research and Development 95: 22-31. (In Persian with English Summery)
- Mitchell, K.M., and Pike, D.R. 1996. Using a geographic information system (GIS) for herbicide management. Weed Technology 10: 856-864.
- Mohamadvand, A., Rashed Mohassel, M.H., Nassiri Mahallati, M., and Poor Tusi, N. 2009. Study on infestation levels and spatial distributions of *Amaranthus blitoides*, *Chenopodium album* and *Solanum nigrum* in corn field. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 419-432. (In Persian with English Summery)
- Naeem, S., and Li, S. 1995. Biodiversity enhances ecosystem reliability. Nature 390: 505-509.
- Noroz Zadeh, 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 Crops Research 6(2): 471-485.
- Oldfield, M.L., and Alcorn, J.B. 1987. Conservation of traditional agroecosystems. Bioscience 37: 199-208.
- Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48-58.
- Radosevich, S., Holt, J., and Ghersa, C. 1997. Weed Ecology: Implications for Management. 2nd Edition, John Wiley and Sons, Inc, NewYork.
- Rajendra, P.S., Schmidt, D., and Gnanavelrajah, N. 2010. Relating plant diversity to biomass and soil erosion in a cultivated landscape of the eastern seaboard region of Thailand. Applied Geography 6: 1-12.
- Rassam, G.A., Latifi, N., Soltani, A., and Kamkar, B. 2010. Effect of agronomic factors and soil characteristics on the diversity and composition of weed communities in wheat farms (*Triticum aestivum* L.) in Jajarm. Journal of Agroecology 2(2): 343-352. (In Persian with English Summery)
- Salonen, J. 1993. Weed infestation and factors effecting weed incidence in Spring Cereals in Finland – A Multivariate Approach. Agricultural Science in Finland 2: 525-536.
- Santiago, L.P., Satorre, E.H., and Dela-Fuente, E. 2004. Structure of weed communities occurring in pea and wheat crops in the Rolling Pampa agriculture. Ecosystems and Envoronment 103: 225-235.
- Sharifi Niarag, J. 1995. Assessment of grassland diversity in Ardabil. Research and Development 33: 26-31. (In Persian with English Summery)

- Souri, N., Amiri, S., Zeidali, E., Azadbakht, N., Shekaryan Moghadam, B., and Souri, F. 2008. Density and distribution of weeds in irrigated wheat field in Lurestan province. 10th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, August 17, Karaj, Iran. (In Persian with English Summery)
- Storkey, J., and Westbury, D.B. 2007. Mini-review: Managing arable weeds for biodiversity. Pest Management. Science 63: 517-523.
- Thomas, A.G. 1985. Weed survey system used in Saskatchewan for cereal and oilseed crops. Weed Science 33: 34-43.
- Upadhyaya, M.K., Turkington, R., and McIlvride, D. 1986. The biology of Canadian weeds. 75. *Bromus tectorum* L. Canadian Journal of Plant Science 66: 689-709.



Distribution of Cheat Grass (*Bromus tectorum* L.) and Other Poaceae Weeds in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Farms in West and Northeast of Iran

E. Zeidali¹, R. Ghorbani^{2*}, M. Parsa³ and G.A. Asadi³

Submitted: 04-07-2013

Accepted: 17-12-2013

Zeidali, E., Ghorbani, R., Parsa, M., and Asadi, G.A. 2017. Distribution of Cheat grass (*Bromus tectorum* L.) and other Poaceae weeds in wheat (*Triticum aestivum* L.) farms in west and northeast of Iran. Journal of Agroecology 9(2):342-359.

Introduction

Undoubtedly, planning and providing appropriate management strategies for weed management requires accurate understanding of plant growth. In fact, by identifying plant growth flora and determining the abundance and distribution of weed species, we can obtain important background information for designing weed management plans. Usually the composition and density of weed flora reflect the system of production and agronomic operations. In fact, by identifying the weed flora and determining the abundance and distribution of weed species, we can provide important background information for designing weed management plans. In this case, Cheat grass is problematic weed in winter crops like wheat and barley.

Material and Methods

The distribution of this weed as random sampling method in 2012 was surveyed in 40 irrigated wheat farms in Khorramabad, 27 farms in Mashhad and 28 farms in Neyshaboor. Factors related to relative abundance, species richness, density and relative uniformity as well as variability and dominance indices were measured. Sampling in each farm was a W pattern. At almost all fields monitored, sampling was done in the post-stemming phase of the wheat before filling the seeds. Also, using the GIS technique, the distribution map of grass plots was drawn in these areas.

Results and Discussion

Results showed that sixteen weed species from poaceae family other than cheat grass were observed. Relative frequency of hirsutum ecotype of cheat grass (with 8.76%) was higher than *tectorum* ecotypes (with 4.76%) in Khorramabad. The Animated animated oat with 19.65% and then Wild barley with 13.52% in mean of 5 samples had the highest relative frequency. In Mashhad relative frequency of *tectorum* ecotype with 12.44% was higher than of *hirsutum* ecotype with 7.25%. Common wild oat with 13.99 and then Wild barley with 12.95% had the highest frequency. In wheat farms of Neyshaboor, two ecotypes had similar relative frequency with 10.75%. Common wild oat with 14.52 and then Secale with 12.29% had the highest frequency. In this case only *Johnson grass* and *Bermuda grass* were perennial and other weed species were annual. The properties of annual plants are capable of retrieval and rapid reproduction after the destruction occurring in the environment. Therefore, the abundance of more than one year in agricultural lands that are associated with continuous degradation is not unexpected. Additionally, most of the crops are annual, and it is normal that annual crop rotations that have the same growing needs as a crop are more abundant than perennial weeds. Similar results were also obtained in this study. Furthermore, it was shown that the latitude had no large effect on density of grasses and cheat grass ecotypes. Shannon-Weiner diversity index in Khorramabad 2.24, in Mashhad 2.16, in Neyshaboor 2.29, Simpson's diversity index 1.04, in Mashhad 1.31 and in Neyshabour 1.16 and Simpson dominance index in Khorramabad 0.960, in Mashhad 0.764 and in Neyshaboor 0.862 was calculated. Also using GIS techniques distribution map of cheat grass were drawn in these areas.

Conclusion

1, 2 and 3- Former PhD student in Weed Science (Assistant Professor, Department of agronomy and Plant Breeding Faculty of Agriculture, University of Ilam), Professor and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: rghorbani2@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.27817

The characteristics of annual plants such as grasshopper can be recovered and are capable of rapid replication after the destruction occurring in the environment. Therefore, the abundance of more than one year in agricultural lands that are associated with continuous degradation is not unexpected. In addition to the findings of this research, the difference in the indices of species diversity and dominance were associated with the level and type of management practices on farms.

In general, farms with a higher diversity can be said to be managed with weaker management practices that minimize the use of agricultural machinery and the inadequacy of chemical inputs such as pesticides and fertilizers.

Keywords: Diversity, Distribution map, Grasses, Uniformity, Weed



ارزیابی روند تغییرات مصرف و بهره‌وری نیتروژن در نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران

مهدی نصیری محلاتی^{1*} و علیرضا کوچکی¹

تاریخ دریافت: 1392/09/17

تاریخ پذیرش: 1393/01/23

نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. ر. 1396. ارزیابی روند تغییرات مصرف و بهره‌وری نیتروژن در نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) ایران. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 360-378.

چکیده

در طی چند دهه گذشته مصرف کودهای نیتروژنی و به تبع آن عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) کشور به میزان چشمگیری افزایش یافته ولی روند این تغییرات به طور دقیق ارزیابی نشده است. در این تحقیق داده‌های عملکرد و مصرف کود در طی دوره ای 40 ساله (1350-1389) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و روند تغییرات، بهره‌وری و انواع کارایی‌های نیتروژن و نیز سهم نسبی این نهاد در افزایش عملکرد گندم در ایران محاسبه شد. نتایج نشان داد که در طی چهار دهه میانگین رشد سالانه عملکرد و مصرف کود به ترتیب 2/9 و 6/9 درصد بوده است. در طی این مدت مصرف کودهای نیتروژنی در بوم‌نظام‌های تولید گندم 9/5 برابر افزایش یافته و از حدود 25 به 240 کیلوگرم در هکتار رسیده است درحالی‌که افزایش عملکرد گندم در این دوره 3/4 برابر شده است. البته روند مصرف کودهای نیتروژنی در بوم‌نظام‌های گندم کشور از اواسط دهه 80 به ثبات رسیده و نتایج پیش‌بینی بر اساس سری زمانی حاکی از آن است که مصرف این نهاد تا سال 1400 از 250 کیلوگرم در هکتار تجاوز نخواهد کرد. بهره‌وری نیتروژن (نسبت عملکرد به میزان نیتروژن مصرف شده) در تولید گندم 22/5 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده است و با شیبی معادل -0/19- کیلوگرم در هکتار در سال در حال کاهش می‌باشد. میانگین کارایی مصرف نیتروژن (نسبت تفاوت عملکرد در شرایط مصرف و عدم مصرف کود به نیتروژن مصرف شده) 14/5 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرفی برآورد شد. تفکیک کارایی مصرف به اجزای آن نشان داد که میانگین 40 ساله کارایی جذب نیتروژن در بوم‌نظام‌های گندم کشور 35/5 درصد می‌باشد و روند کاهشی آن موجب شده تا در دهه 80 به حدود 30 درصد کاهش یابد. در مقابل کارایی استفاده از نیتروژن با میانگین 40 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده در طی دوره مطالعه روندی صعودی داشته است. سهم نسبی نیتروژن در عملکرد گندم با شیبی مثبت در حال افزایش می‌باشد و از 24 درصد در دهه 50 به 32 درصد در دهه 80 رسیده است. بر اساس یافته‌های این تحقیق به‌نظر می‌رسد که کاهش کارایی مصرف نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید گندم ایران عمدتاً به دلیل کاهش کارایی جذب این نهاد بوده و افزایش کارایی تبدیل پایین بودن بازایافت نیتروژن را جبران نکرده است.

واژه‌های کلیدی: بهره‌وری جزئی نیتروژن، کارایی جذب نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن

مقدمه

محصول، مرهون استفاده از نهاد های شیمیایی بویژه کودهای نیتروژنی و آفت کش ها بوده است (Smil, 1999). تغییر نظام-های تولید به حالت فشرده² و تداوم مصرف نهاده‌های شیمیایی باعث شد که از دهه آخر قرن گذشته نگرانی‌های زیست محیطی در مورد آلودگی‌های ناشی از مصرف این نهاده‌ها افزایش یافته و

افزایش عملکرد محصولات زراعی در طی نیمه دوم قرن گذشته در سراسر جهان علاوه بر معرفی ارقام جدید و پر

1- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: mnassiri@um.ac.ir)
(*) - نویسنده مسئول:
DOI: 10.22067/jag.v9i2.29287

در دهه اول قرن اخیر به یکی از مهمترین مشکلات نظام‌های رایج تولید، تبدیل شود. در کنار این مسئله که عمدتاً بعد محیطی دارد، مطالعات در برخی از نقاط جهان حاکی از آن است که با ادامه مصرف نهاده‌ها واکنش نظام‌های زراعی به این مواد شیمیایی در حال کاهش است. به عبارت دیگر، حتی ارقام پر محصول نیز به‌زای واحد کودهای شیمیایی مصرفی عملکرد کمتری تولید می‌کنند (Giller et al., 2004). وضعیت مشابهی نیز در مورد مقاومت آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی گزارش شده است (Bruinsma, 2003). تحت این شرایط دستیابی به عملکرد بالا به‌منظور افزایش تولید، مستلزم استفاده بیشتر از نهاده‌های شیمیایی (به‌ویژه کودها) خواهد بود. وضعیتی که در بسیاری از کشورهای در حال توسعه (Dobermann & Cassman, 2005) از جمله ایران شاهد بروز آن هستیم. این امر باعث خواهد شد که علاوه بر تشدید آلودگی‌های محیطی بهره‌وری¹ استفاده از نهاده‌های شیمیایی به تدریج کاهش یابد. با این حال، اطلاعات محدودی در مورد وضعیت فعلی بهره‌وری نهاده‌ها در مقیاس سیستم‌های زراعی و مقایسه آن با وضعیت گذشته در اختیار می‌باشد.

در مقیاس جهانی، بهره‌وری آب به دلیل اهمیت و نیز محدودیت آن بیش از سایر نهاده‌های تولید مورد بررسی قرار گرفته است (Rejesus et al., 1999). البته مطالعات مختلف (Bouwman et al., 2005; Smil, 1999) نشان داده که اگرچه در مقیاس جهانی افزایش عملکرد محصولات زراعی در طی نیمه دوم قرن گذشته به دلیل مصرف کودهای شیمیایی و به‌ویژه کود نیتروژنی بوده اما میانگین کارایی استفاده از این کودها در طی 30 سال آخر قرن گذشته کاهش یافته است (Giller et al., 2004). روی و همکاران (Roy et al., 2002) با بررسی محدودیت در افزایش بیشتر سطح زیر کشت در سطح جهانی، مصرف کودهای نیتروژنی را مهمترین رویکرد کشورهای در حال توسعه برای افزایش عملکرد ذکر کرده‌اند. از سوی دیگر، کروپ نیک و همکاران (Krupnik et al., 2004) نشان دادند که

میانگین جهانی کارایی جذب نیتروژن 50 درصد می‌باشد و در نتیجه باقیمانده کودهای مصرفی به طرق مختلف تلف شده و باعث آلودگی محیط خواهد شد. ایکهوت و همکاران (Eickhout et al., 2006) گزارش کردند که در فاصله سال‌های 1970 تا 2000 میلادی مصرف جهانی نیتروژن (مجموع کودهای شیمیایی، آلی و تثبیت بیولوژیکی) از 92 به 170 میلیون تن در سال افزایش یافته است، در حالی که میانگین کارایی جذب نیتروژن در همین دوره زمانی در کشورهای توسعه یافته بین 48 تا 49 درصد و در کشورهای در حال توسعه 61 درصد بوده است (Cassman et al., 2003). به‌علاوه گزارشات حاکی از آن است که کارایی بازیافت نیتروژن در آسیا نیز در فاصله سال‌های 1970 تا 2000 از 52 به 42 درصد کاهش یافته است (Dobermann & Cassman, 2005). البته این کارایی در کنار روش‌های مدیریت، به خاک و اقلیم نیز بستگی داشته و در کشورهای مختلف متفاوت خواهد بود (Bruinsma, 2003). با این حال پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا 30 سال آینده میزان تلفات نیتروژن از سیستم‌های کشاورزی کشورهای در حال توسعه 39 درصد افزایش خواهد یافت (Eickhout et al., 2006). کاسمن و همکاران (Cassman et al., 2003) نشان دادند که در مقیاس جهانی، تا سال 2030 میلادی به دلیل کاهش بهره‌وری کودهای شیمیایی مشکلاتی جدی در تأمین غذا بروز خواهد کرد و این امر باعث نیاز به افزایش سطح زیر کشت و استفاده از اراضی حاشیه‌ای به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه خواهد شد. شواهد فوق باعث شده که در طی سال‌های اخیر موضوع بهره‌وری نیتروژن و سایر نهاده‌های شیمیایی و راه‌های افزایش کارایی استفاده از این نهاده‌ها به یکی از چالش‌های مهم برای حفظ امنیت غذایی تبدیل شود (Cassman, 2001; Balasubramanian et al., 2004; Giller et al., 2004).

مطالعات مربوط به بهره‌وری نهاده‌ها در ایران بسیار محدود بوده و اغلب بر جنبه‌های اقتصادی مصرف نهاده‌ها و آنالیز هزینه/سود² متمرکز بوده‌اند. کشاورز و صادق زاده (Keshavarz

دانه در هکتار در سال) در طی دوره زمانی است (Hafner, 2003). روند محاسبه‌شده از طریق رگرسیون بیانگر افزایش عملکرد ناشی از مجموعه روش‌های به‌نژادی (اصلاح ارقام جدید و پر محصول) و به-زراعی شامل انواع مدیریت‌های زراعی از جمله مصرف کودهای نیتروژنی در طی دوره بررسی می‌باشد. روند مصرف کودهای نیتروژنی نیز به شکل مشابهی بر اساس رگرسیون بین کود مصرف شده در واحد سطح و زمان به‌دست آمد. البته برای توصیف بهتر این روند از رگرسیون قطعه‌ای استفاده شد.

روند آینده مصرف کودهای نیتروژنی در کشور نیز تا سال 1400 شمسی با استفاده از سری‌زمانی و به روش وینترز¹ و با مدل افزایشی پیش‌بینی شد. سه پارامتر لازم برای الگوهای فصلی، روند و سطح به-نحوی انتخاب شدند که در مدل افزایشی بهترین برازش به داده‌های سری زمانی حاصل شود (Walker, 1989).

بهره‌وری جزئی نیتروژن²: بهره‌وری جزئی نیتروژن (PNP) نسبت عملکرد دانه به میزان نیتروژن کودی مصرف شده است (Cassman et al., 2002) که بر اساس داده‌های عملکرد و میزان نیتروژن خالص مصرف‌شده در واحد سطح برای هر سال محاسبه شد و روند تغییرات آن در طی چهار دهه گذشته برآورد گردید. به‌علاوه رابطه رگرسیونی بین عملکرد گندم (GY) و میزان کود مصرفی متناظر با آن (N_f) نیز تعیین گردید (معادله 1):

$$GY = a + PNP \times N_f \quad (1)$$

شیب این رابطه خطی نسبت عملکرد گندم به‌ازای واحد کود مصرفی بوده و نشان‌دهنده میانگین بهره‌وری جزئی نیتروژن (PNP)، کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده) می‌باشد (Cassman et al., 2002).

کارایی مصرف نیتروژن³: کارایی مصرف نیتروژن (NUE) کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده) مشابه بهره‌وری نسبت عملکرد دانه به نیتروژن مصرف شده است با این تفاوت که در محاسبه آن تفاوت عملکرد حاصل از مصرف نیتروژن کودی و عملکرد حاصل از نیتروژن موجود در خاک به‌کار می‌رود (Moll et al., 1982) (معادله 2):

(Sadeghzadeh, 2000) در بررسی وضعیت منابع آبی کشور، بهره‌وری آب در مورد برخی از محصولات را با استناد به مطالعات قبلی ارائه کرده‌اند. البته مقادیر گزارش شده مربوط به سال و منطقه خاص مورد مطالعه بوده و روند تغییرات آن بررسی نشده است. زارع و همکاران (Zarea et al., 2006) روند تغییرات سطح زیر کشت، عملکرد و تولید غلات کشور را در یک دوره 30 ساله بدون ارزیابی بهره‌وری نهاده‌ها بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند.

آگاهی از روند دراز مدت تغییر در بهره‌وری نهاده‌های شیمیایی (به‌ویژه کودها) برنامه‌ریزان را قادر خواهد ساخت تا با ارائه الگوهای نوین ضمن کاهش خطرات و پیامدهای زیست محیطی مصرف بی‌رویه این نهاده‌ها عملکرد محصولات زراعی را در سطح مطلوب حفظ کنند. با این وجود بررسی منابع علمی نشان می‌دهد که در ایران تا کنون نتایج منتشر شده‌ای در مورد بهره‌وری کودهای شیمیایی در مقیاس ملی در اختیار نمی‌باشد. بنابراین، هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی بهره‌وری کود نیتروژن و روند تغییرات آن در نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) کشور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق از پایگاه اطلاعاتی وزارت جهاد کشاورزی، بانک‌های اطلاعاتی و سالنامه‌های آماری کشاورزی کشور استخراج شده‌اند. این داده‌ها شامل عملکرد و میزان مصرف کود نیتروژنی در واحد سطح در بوم نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum*) کشور برای دوره 40 ساله 1350 تا 1389 می‌باشد. در منابع آماری مربوط به نهاده‌های شیمیایی، نوع کود مصرفی ذکر نشده است، ولی با توجه به اینکه بخش عمده کودهای نیتروژنی مورد استفاده در کشور اوره می‌باشد در این مطالعه میزان نیتروژن خالص در واحد سطح بر مبنای این نوع کود محاسبه شد.

روند تغییرات عملکرد و مصرف کود نیتروژنی: این روند در طی دوره مطالعه بر اساس سری زمانی و با برازش رگرسیون خطی بین عملکرد و زمان (سال) محاسبه شد که در آن ضریب رگرسیون (شیب خط) نشان‌دهنده میزان افزایش سالانه عملکرد گندم (کیلوگرم

1- Winters

2- Partial nitrogen productivity

3- Nitrogen use efficiency

$$NUE = \frac{GY_{fertilized} - GY_{unfertilized}}{N_u} \quad (4)$$

سه‌م نیتروژن کودی در افزایش عملکرد: سه‌م خالص کودهای نیتروژنی در افزایش عملکرد گندم از معادله 5 محاسبه شد (Bell et al., 1995):

$$C_N = \frac{PNP \times N_f}{GY} \times 100 \quad (5)$$

که در آن، C_N : سه‌م سالانه نیتروژن کودی در افزایش عملکرد (%، PNP: بهره‌وری جزئی نیتروژن (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده)، N_f : مقدار نیتروژن مصرف شده (کیلوگرم نیتروژن در هکتار در سال) و GY : عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند. به‌علاوه تغییرات سالانه سه‌م نیتروژن در افزایش عملکرد گندم نیز از طریق رگرسیون مورد ارزیابی قرار گرفت.

محاسبات مربوط به آنالیز سری زمانی و پیش‌بینی‌های آینده با استفاده از نرم افزار MINITAB ver 17.0 و برازش کلیه معادلات رگرسیون با استفاده از نرم افزار Sigma Stat ver.1.0 انجام شد.

نتایج و بحث

روند مصرف کودهای نیتروژنی و عملکرد گندم: در فاصله

سال‌های 1350 تا 1389 میانگین مصرف کودهای نیتروژنی در نظام‌های تولید گندم کشور از حدود 26 به 240 کیلوگرم در هکتار رسیده است. توصیف دقیق‌تر این روند با استفاده از مدل رگرسیون قطعه‌ای که برازش مطلوبی به داده‌ها داشت ($r^2=0/91$) نشان داد که روند تغییرات میزان مصرف کودهای نیتروژنی دارای سه دوره متمایز می‌باشد (شکل 1). در طی اولین دوره (سال‌های 75-1350) افزایش سالانه میزان مصرف کود نسبتاً اندک و برابر 3/1 کیلوگرم در هکتار در سال بوده است.

به‌دنبال آن افزایش قابل ملاحظه‌ای در مصرف کودهای نیتروژن بروز کرده به‌طوری‌که در طی دوره 10 ساله 85-1375 رشد سالانه مصرف این نوع کود با 4/5 برابر افزایش بیش از 13/5 کیلوگرم در هکتار بوده و در نتیجه در سال 1385 میانگین مصرف این کودها در مزارع گندم کشور به بالاترین سطح خود در طی دوره بررسی یعنی حدود 240 کیلوگرم در هکتار رسیده است. نهایتاً در طی پنج سال انتهایی روند نزولی کاربرد کود، موجب کاهش نسبی مصرف این نهاد به میزان 1/6 کیلوگرم در هکتار در سال در اراضی زیر کشت گندم

$$NUE = \frac{GY_{fertilized} - GY_{unfertilized}}{N_f} \quad (2)$$

که در آن، $GY_{fertilized}$: عملکرد دانه با مصرف نیتروژن، $GY_{unfertilized}$: عملکرد دانه بدون مصرف نیتروژن می‌باشند. در آزمایش‌های مزرعه‌ای عملکرد بدون مصرف کود از تیمار شاهد به-دست می‌آید ولی در این مطالعه که چنین تیماری وجود ندارد، عرض از مبدا خط رگرسیون بین عملکرد دانه و میزان کود مصرف شده (معادله 1) به‌عنوان $GY_{unfertilized}$ در نظر گرفته شد.

کارایی جذب نیتروژن¹: کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن² (NUpE، درصد) از معادله 3 به‌دست آمد (Moll et al., 1982):

$$NUpE = \frac{N_u}{N_f} \times 100 \quad (3)$$

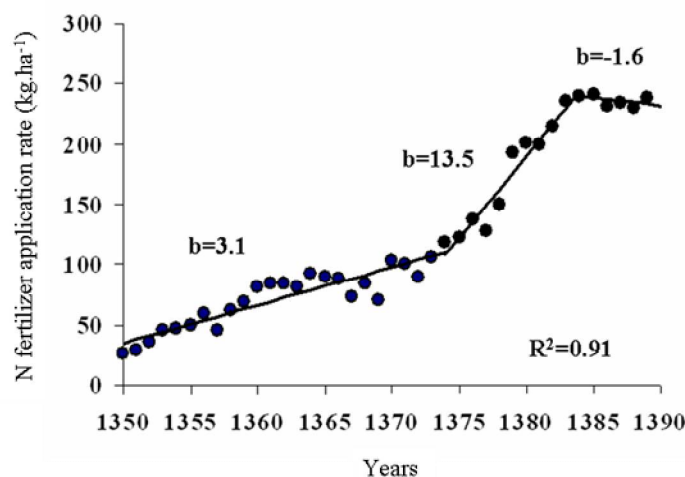
که در آن، N_u : نیتروژن جذب شده توسط گیاه (کیلوگرم در هکتار) و N_f : مقدار نیتروژن کودی مصرف شده (کیلوگرم در هکتار) می‌باشند. جهت تخمین مقدار نیتروژن جذب شده ابتدا عملکرد ماده خشک سالانه با تقسیم عملکرد دانه بر شاخص برداشت محاسبه شد. تفاضل عملکرد ماده خشک از عملکرد دانه، عملکرد کاه برای هر سال خواهد بود. در نهایت، نیتروژن جذب شده توسط گیاه از جمع نیتروژن دانه (درصد نیتروژن دانه × عملکرد دانه) و نیتروژن کاه (درصد نیتروژن کاه × عملکرد کاه) به‌دست آمد. زند (Zand et al., 2001) با مقایسه ارقام قدیمی و جدید گندم ایران نشان داد که شاخص برداشت این گیاه در جریان به‌نژادی بهبود یافته است. بر این اساس شاخص برداشت گندم برای دوره زمانی 1350-1365 (ارقام قدیمی) معادل 37 درصد (Zand et al., 2001) و برای سال‌های 1366-1389 (ارقام جدید) برابر 45 درصد (Naderi et al., 2006; Zand et al., 2001) در نظر گرفته شد. میزان نیتروژن دانه و کاه نیز مشابه شاخص برداشت در دوره اول به ترتیب 2/1 و 0/9 درصد و برای دوره دوم به ترتیب 2/3 و 1 درصد در نظر گرفته شد (Naderi et al., 2006).

کارایی استفاده از نیتروژن³: کارایی استفاده (NUE)، کیلوگرم

دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده) که به کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن نیز موسوم است از معادله 4 محاسبه شد (Moll et al., 1982):

- 1- Nitrogen uptake efficiency
- 2- Nitrogen recovery
- 3- Nitrogen utilization efficiency

ایران شده است (شکل 1).

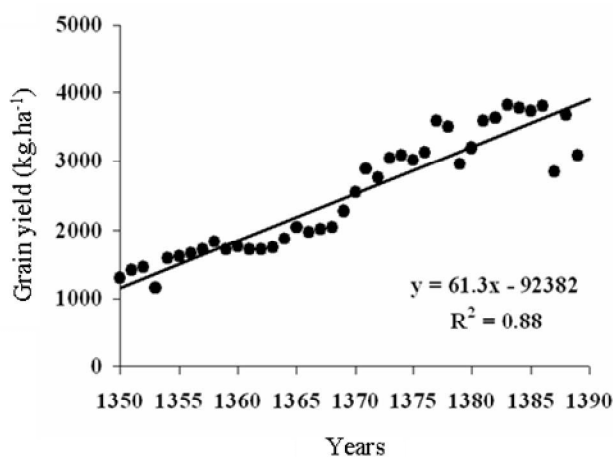


شکل 1- روند تغییرات میزان مصرف کودهای نیتروژنی در اراضی زیر کشت گندم کشور در فاصله سال‌های 1350-89 که با برازش مدل رگرسیون قطعه‌ای به داده‌ها به دست آمده است

شیب هر یک از خطوط (b) بسته به علامت آن میزان افزایش یا کاهش مصرف کود را بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال نشان می‌دهد، R^2 ارائه شده در شکل مربوط به مدل رگرسیون قطعه‌ای است.

Fig. 1- Time course (1970-2010) of nitrogen fertilizer application rate in wheat production systems of Iran fitted by segmented regression

Slope of each segment (b) depending on the signs show the rate of change ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$). R^2 of the full regression model is also given.



شکل 2- روند تغییرات عملکرد گندم کشور در فاصله سال‌های 1350-89 با برازش مدل رگرسیون خطی به داده‌ها
شیب خط میزان افزایش عملکرد دانه را بر حسب کیلوگرم در هکتار در سال نشان می‌دهد.

Fig. 2- Changes over time (1970-2010) in wheat yield over the country fitted to a linear regression
Slope shows yield increment ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{y}^{-1}$).

عملکرد گندم در جهان در سال 2000 میلادی (1380 شمسی) معادل 43 کیلوگرم در هکتار در سال بوده (Cassman et al., 2002) که پایین‌تر از ایران می‌باشد در همین سال رشد عملکرد گندم در چین 92، در فرانسه 128، در هند 52 و در آمریکا 26 کیلوگرم در هکتار در

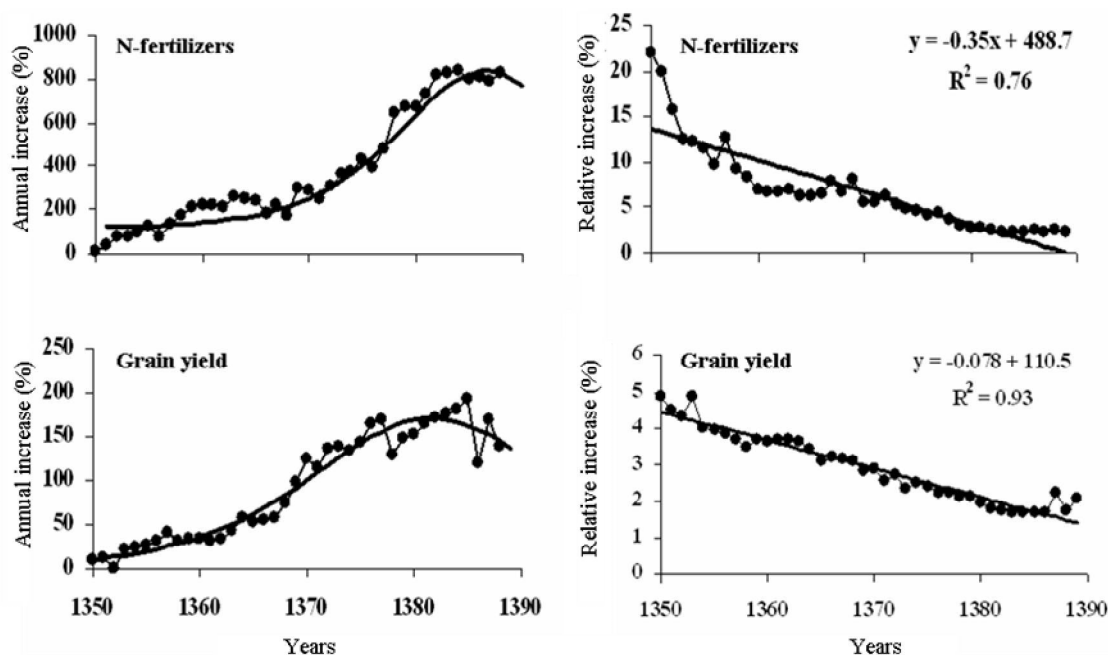
طی این دوره 40 ساله عملکرد گندم نیز به‌طور چشمگیری در کشور افزایش یافته و با رشدی معادل 61/3 کیلوگرم در هکتار در سال، از 1300 به 3800 کیلوگرم در هکتار رسیده و بالاترین مقدار آن مربوط به اوایل دهه 80 می‌باشد (شکل 2). میانگین افزایش سالانه

ترتیب 2/9 و 6/9 درصد بوده در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی در بوم‌نظام‌های تولید گندم ایران 9/2 برابر شده درحالی‌که در همین دوره زمانی عملکرد گندم 3/4 برابر افزایش یافته است. کاسمن (Cassman, 2001) با ارزیابی تغییرات عملکرد غلات جهان نشان داد که در طی سال‌های 1960-2000 (1340-1380) عملکرد گندم در جهان سه برابر، در چین چهار برابر، در هند 2/5 برابر و در آمریکا 1/5 برابر شده است بنابراین افزایش عملکرد گندم در ایران نسبت به سایر کشورهای جهان در وضعیت قابل قبولی قرار دارد ولی نرخ افزایش مصرف کودهای نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور در چهار دهه گذشته بسیار بالا بوده است.

سال برآورد شده (Cassman, 2001) که نشان‌دهنده تفاوت‌های چشمگیر بین کشورها می‌باشد.

تبدیل داده‌های روند افزایش مصرف کود (شکل 1) و عملکرد دانه (شکل 2) به درصد افزایش نسبت به سال مبدا (1350) نشان داد که طی 40 سال گذشته مصرف کودهای نیتروژنی در مزارع گندم کشور سالانه 22/4 درصد افزایش داشته درحالی‌که این افزایش برای عملکرد گندم پنج درصد در سال یعنی در حدود یک چهارم رشد کود بوده است به‌علاوه درصد تغییرات نسبت به سال مبدا در مورد هر دو متغیر در حال کاهش می‌باشد (شکل 3) و این کاهش برای عملکرد دانه از ابتدای دهه 80 و برای کودهای نیتروژنی از اواسط دهه 80 آغاز شده است.

نتایج ارائه شده در شکل‌های 1 و 2 نشان می‌دهد که در طی چهار دهه گذشته میانگین رشد سالانه عملکرد و مصرف کود به



شکل 3- تغییرات درصد رشد سالانه مصرف کودهای نیتروژنی (چپ، بالا) و عملکرد گندم (چپ، پایین) کشور در فاصله سال‌های 1350-89

درصد رشد نسبت به سال مبدا (1350) محاسبه شده و مدل سیگموئیدی برازش شده به داده‌ها نشان‌دهنده روند تغییرات است در شکل سرعت نسبی رشد مصرف کود (راست، بالا) و عملکرد گندم (راست، پایین) همراه با روند خطی تغییرات نیز نشان داده شده است.

Fig. 3- Annual increase in N-fertilizer application (top left) and yield (down left) of wheat during 1970-2010

Calculated as percentage of reference year (1970) and fitted to a sigmoid curve

Relative growth rates for N-fertilizer (top right) and yield (down right), the trend lines are also presented.

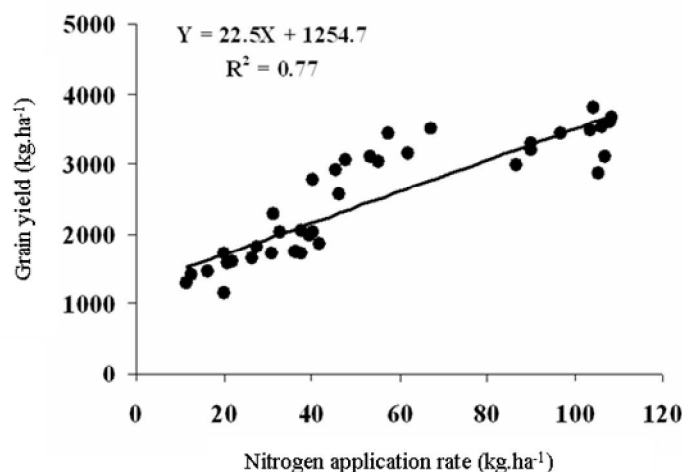
در کشورهای در حال توسعه 6 برابر شده و پیش‌بینی می‌شود که این مقدار در سال 2030 نسبت به سال 1970 میلادی هشت برابر شود (Tenkorang & DeBoer, 2009). به‌علاوه در سال 2010 در حدود

روند مصرف کود نیتروژن در کشور تا حد زیادی با الگوی جهانی آن انطباق دارد زیرا مصرف کودهای نیتروژنی در فاصله سال‌های 1970-2000 میلادی (1350-1390 شمسی) در جهان 2/7 برابر و

و معنی‌دار نشان‌دهنده کاهش بهره‌وری جزئی این نوع کود در نظام‌های تولید گندم کشور در طی 40 سال گذشته است. در دهه 50 خورشیدی یعنی دوره‌ای که میزان مصرف کود در این نظام‌ها بسیار پایین و در حدود 20 تا 50 کیلوگرم در هکتار بوده است (شکل 1). بهره‌وری این نوع کود نسبتاً بالا و در محدوده 32 تا 28 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن می‌باشد. افزایش مصرف کود نیتروژن در طی 40 سال گذشته باعث شده تا بهره‌وری این نهاده کاهش یافته و به میزان فعلی یعنی 22 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن برسد. شیب خط رگرسیون مربوط به تغییرات بهره‌وری در طی زمان نیز منفی و معادل $-0/193$ کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن در سال به‌دست آمد (شکل 5). این امر نشان می‌دهد که عملکرد حاصل از مصرف هر کیلو نیتروژن سالانه $0/193$ کیلوگرم کاهش یافته است. روند بهره‌وری جزئی نیتروژن در واقع بیانگر آن است که هر سال برای حصول عملکردی معادل سال قبل از آن به‌طور متوسط به چند کیلوگرم نیتروژن بیشتر نیاز خواهد بود. بر این اساس در سال 1389، به $1/3$ کیلوگرم نیتروژن نیاز بوده است تا بتواند عملکردی معادل یک کیلوگرم نیتروژن در سال 1350 تولید کند.

38 درصد از کل کودهای شیمیایی جهان بر روی غلات (گندم، برنج (*Oryza sativa* L.) و ذرت (*Zea mays* L.)) و 21 درصد آن روی گندم مصرف شده (FAO, 2010) و در ایران نیز بیش از 40 درصد کودهای نیتروژنی در تولید غلات و 60 درصد از این مقدار در گندم به‌کار می‌رود (SYBAKRP, 2011). به‌علاوه، رشد جهانی کوه‌های شیمیایی در فاصله سال‌های 1960-1990 در جهان و در کشورهای در حال توسعه به ترتیب $5/5$ و $10/5$ درصد بوده که در سال 2008 با کاهش چشمگیر به ترتیب به $1/5$ و $2/4$ درصد رسیده، در همین سال رشد سالانه مصرف کودهای نیتروژنی در جهان $1/81$ و در آسیا $2/45$ درصد بوده است (Tenkorang & DeBoer, 2009). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که میانگین رشد سالانه مصرف کود نیتروژن در تولید گندم کشور در فاصله 1960-1990 معادل $11/2$ درصد بوده و در سال 2010 (1390) به سه درصد کاهش یافته است (شکل 3).

بهره‌وری نیتروژن: نتایج نشان داد که در طی 40 سال گذشته واکنش عملکرد گندم به مصرف کودهای نیتروژن مثبت و به‌طور متوسط معادل $22/5$ کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن خالص مصرفی بوده است (شکل 4). در شکل 5 روند تغییرات بهره‌وری نیتروژن در طی دوره زمانی مطالعه ارائه شده است. وجود رابطه منفی



شکل 4- رابطه بین عملکرد گندم و میزان نیتروژن خالص مصرف شده بر اساس داده‌های 40 ساله (1350-1389)

شیب خط رگرسیون نشان‌دهنده بهره‌وری جزئی نیتروژن (PNP، کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده) می‌باشد.

Fig. 4- The relation between wheat yield and applied N over the country using four decades data (1970-2010)

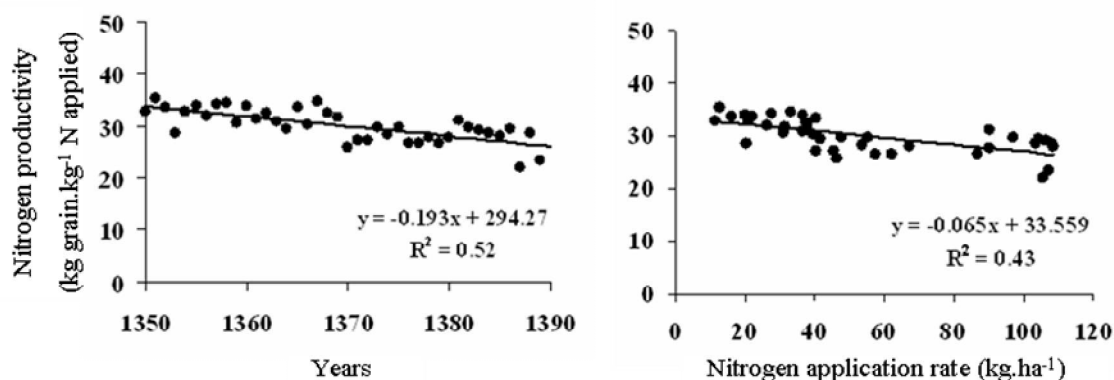
Slope of the regression line indicates partial nitrogen productivity (PNP, kg grain.kg⁻¹ applied N).

($-0/065$) نشان می‌دهد که با افزایش هر یک کیلوگرم نیتروژن به مقدار مصرف، بهره‌وری این نهاده در تولید گندم به میزان $0/065$

ارزیابی بهره‌وری جزئی نیتروژن بر حسب میزان نیتروژن کودی (شکل 5) نیز مؤید همین وضعیت است. شیب خط رگرسیون

مصرف نیتروژن در طی 40 سال گذشته نقش مهمی در کاهش بهره‌وری جزئی این نهاده در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور داشته است.

کیلوگرم کاهش می‌یابد و در نتیجه با افزایش مصرف نیتروژن، بهره‌وری جزئی آن از 34 به 27 کیلوگرم دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن تقلیل یافته است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد افزایش چشمگیر



شکل 5- روند تغییرات بهره‌وری جزئی نیتروژن در طی زمان (چپ) و بر حسب میزان نیتروژن مصرف شده در واحد سطح (راست)

شیب خط رگرسیون (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن در سال یا به‌ازای هر واحد نیتروژن) میزان کاهش بهره‌وری را مشخص می‌سازد.

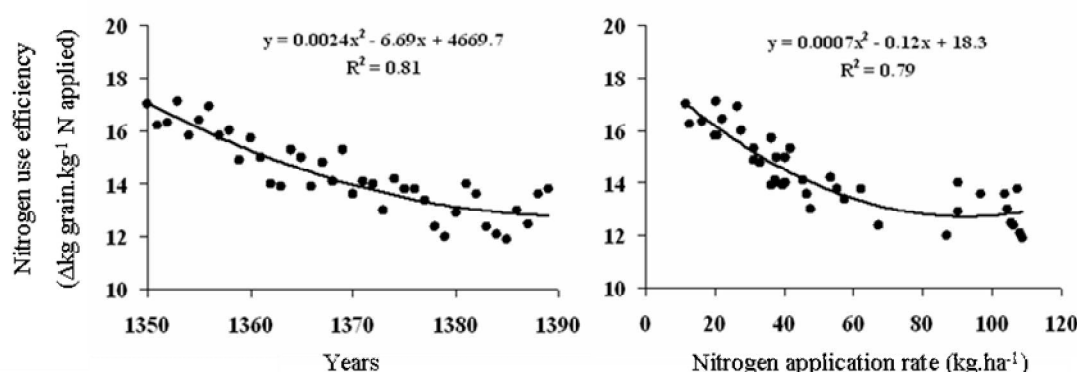
Fig. 5- Changes in partial nitrogen productivity (PNP) over time (left) and in response to N application rate (right)

Slope of the regression line ($\text{kg grain.kg}^{-1} \text{N.y}^{-1}$ or $\text{kg}^{-1} \text{N}$) indicates the reduction in PNP.

کاسمن و همکاران (Cassman et al., 2002) با بررسی روند بهره‌وری جزیی نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید ذرت آمریکا نشان دادند که از سال 1970 میلادی که میزان مصرف کود نیتروژن به ثبات رسیده و عملکرد ذرت در حال افزایش بود، بهره‌وری نیتروژن در این کشور روندی صعودی یافت ولی قبل از این تاریخ به دلیل بالاتر بودن میزان مصرف کود نسبت به سرعت افزایش عملکرد بهره‌وری نیتروژن در حال کاهش بود. نتایج تحقیق حاضر نیز نشان می‌دهد که سرعت افزایش مصرف کود در کشور بیشتر از افزایش سالانه عملکرد گندم بوده و علی‌رغم افزایش قابل ملاحظه عملکرد گندم در طی 40 سال گذشته، بهره‌وری کودهای نیتروژن در نظام‌های تولید این محصول در حال کاهش است و علت اصلی آن افزایش میزان مصرف این نوع کود در واحد سطح می‌باشد.

کارایی مصرف نیتروژن: میانگین 40 ساله این کارایی در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور 14/3 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده بود و در طول زمان و نیز با افزایش مصرف کود با فرم درجه دو کاهش یافت (شکل 6).

با وجودی که رابطه عملکرد با میزان مصرف نیتروژن کودی مثبت و معنی‌دار است (شکل 2)، ولی شیب این خط که نشان‌دهنده بهره‌وری نیتروژن می‌باشد، نسبتاً پایین و در حدود 22/5 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم کود نیتروژن مصرف شده می‌باشد. البته مقادیر کارایی که در آزمایش‌های ایستگاهی و در مقیاس کرت محاسبه می‌شود معمولاً بالاتر است (Cassman et al., 2002). برای مثال، کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2013) با اجرای فراتحلیل بر روی نتایج آزمایشات کودی مربوط به غلات در کشور، میانگین بهره‌وری نیتروژن در گندم را 29 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده به‌دست آوردند. جینگ و همکاران (Jing et al., 2007) نشان دادند که بهره‌وری جزیی نیتروژن در برنج 50-60 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده می‌باشد، در حالی که دوبرمن و همکاران (Dobermann et al., 2005) بهره‌وری جزیی نیتروژن در بوم‌نظام‌های برنج آسیا را در حدود 26 کیلوگرم دانه به‌ازای نیتروژن مصرف شده گزارش کردند. سیلوستر-برادلی و کاینسرد (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009) بهره‌وری نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید گندم در کشور انگلستان را 25 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده برآورد کردند که با نتایج این تحقیق قابل مقایسه است.



شکل 6- روند تغییرات کارایی مصرف نیتروژن در طی زمان (چپ) و بر حسب میزان نیتروژن مصرف شده (راست)

علامت Δ اختلاف عملکرد گندم با و بدون مصرف کود را مشخص می‌کند، عملکرد بدون کود معادل عرض از مبدا خط رگرسیون در شکل 4 در نظر گرفته شد.

Fig. 6- Changes in nitrogen use efficiency over time (left) and in response to N application rate (right)

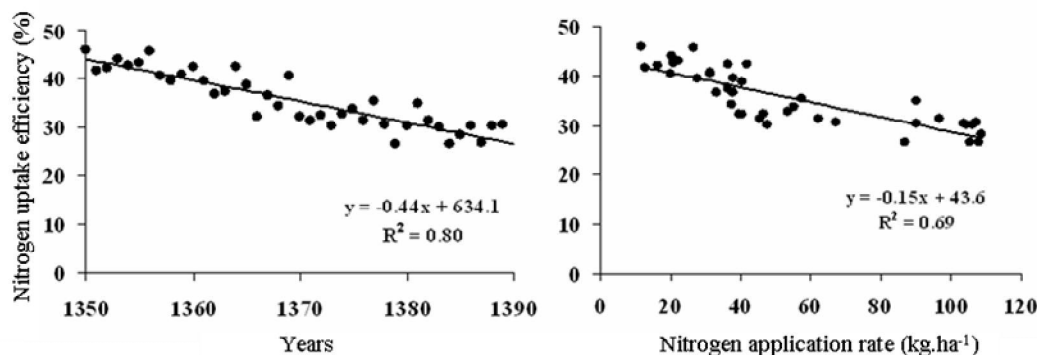
The sign indicates the difference between yields with and without N fertilizer, the intercept of regression line shown in Fig. 4 was considered as wheat yield without N fertilizer.

براون (White & Brown, 2010) در مقیاس جهانی نیز گزارش شده است. بنابراین به‌نظر می‌رسد کاهش کارایی مصرف نیتروژن در طی زمان نیز که در این تحقیق مشاهده شد عمدتاً ناشی از افزایش مصرف کود نیتروژن بوده است. فیکسن و وست (Fixen & West, 2002) گزارش کردند که در کشور چین در فاصله سال‌های 1958 تا 1983 کارایی مصرف نیتروژن در گندم از 15 به 10 و در ذرت از 25 به 13/5 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده کاهش یافته و این کاهش تا حد زیادی به‌دلیل افزایش مصرف کودهای نیتروژن است.

بازیافت نیتروژن: کارایی جذب یا بازیافت نیتروژن (کیلوگرم نیتروژن جذب شده به‌ازای کیلوگرم نیتروژن مصرف شده) در طی 40 ساله گذشته روندی کاهشی داشته است. این روند منفی و معنی‌دار هم در رابطه بین کارایی جذب و سال و هم در رابطه کارایی جذب و میزان کود مصرفی به‌وضوح آشکار می‌باشد (شکل 7). نتایج نشان می‌دهد که بازیافت نیتروژن در طول 40 سال گذشته به‌طور متوسط به میزان 0/44 درصد در سال کاهش یافته و از حدود 45 درصد در دهه 50 به 30 درصد در شرایط فعلی رسیده است. رابطه بین میزان مصرف کودهای نیتروژن و میزان جذب این نهاده نیز روندی کاهشی داشت (شکل 7). شیب این رابطه خطی نشان می‌دهد که به‌ازای هر کیلوگرم کود مصرفی بازیافت نیتروژن (کارایی جذب) به میزان 0/15 درصد کاهش می‌یابد و در نتیجه افزایش مصرف نیتروژن خالص از

البته این روند کاهشی در دهه 80 به ثبات نسبی رسیده است که دلیل آن کاهش مصرف کودهای نیتروژن (شکل‌های 1 و 3) و تداوم افزایش عملکرد گندم در این دهه (شکل 2) می‌باشد. چنین وضعیتی در مورد تغییرات کارایی مصرف نیتروژن بر حسب میزان نیتروژن مصرفی نیز مشاهده شد (شکل 6) و با ثابت شدن مصرف نیتروژن در مقادیر 100 تا 110 کیلوگرم در هکتار، روند کاهشی در کارایی مصرف این نهاده به ثبات رسیده و حتی به‌طور جزئی افزایش یافته است. به‌طور کلی غلات در استفاده از نیتروژن کارایی کمی دارند و برآوردها نشان می‌دهد که در این گیاهان به‌طور متوسط در حدود 33 درصد از نیتروژن مصرف شده به‌وسیله دانه بازیافت می‌شود (Liu et al., 2010). به‌علاوه کارایی مصرف این نهاده در گندم در مقایسه با ذرت و برنج به دلیل داشتن مسیر فتوسنتزی C_3 و نیز بالاتر بودن میزان پروتئین دانه کمتر است (Cassman et al., 2002). کاهش کارایی مصرف نیتروژن با افزایش مصرف کود که در این مطالعه مشاهده شد توسط محققین مختلف به اثبات رسیده است برای مثال سوور و همکاران (Sower et al., 1994) در آزمایشی ایستگاهی کارایی مصرف نیتروژن گندم را در دامنه‌ای از مقادیر کود نیتروژن بین 26 تا 44 درصد به‌دست آورده و نشان دادند که این کارایی در حداکثر مقدار کود مصرفی (140 کیلوگرم در هکتار) 35 درصد کمتر از تیمار شاهد بدون کود بود. چنین نتیجه‌ای توسط لیو و همکاران (Liu et al., 2010) در مقیاس بوم‌نظام در کشور چین و به‌وسیله وایت و

حدود 10 به 112 کیلوگرم در هکتار این کارایی را 15 درصد تقلیل داده است. لازم به ذکر است که میانگین این کارایی در فاصله سال‌های 1350-1389 معادل 35/5 درصد بوده است.

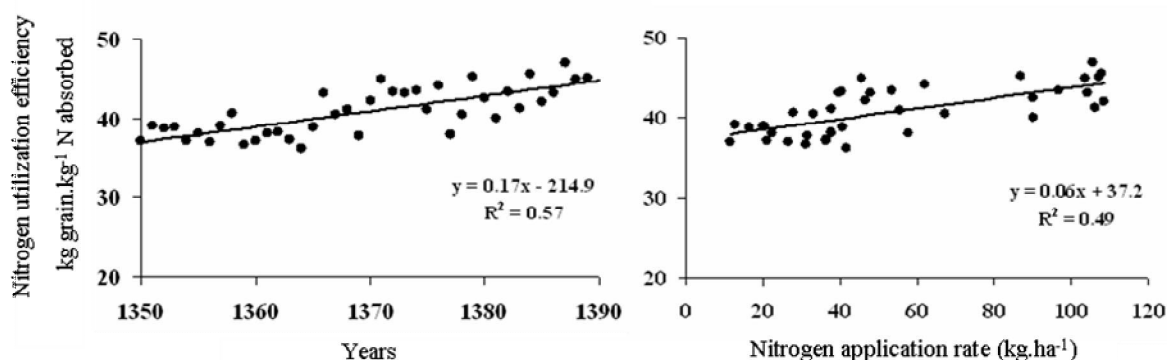


شکل 7- روند تغییرات کارایی جذب (بازیافت) نیتروژن در طی زمان (چپ) و بر حسب میزان نیتروژن مصرف شده در واحد سطح (راست) شیب خط رگرسیون (درصد در سال یا درصد به‌ازای هر واحد نیتروژن مصرف شده) میزان کاهش بازیافت را مشخص می‌سازد.

Fig. 7- Changes in nitrogen uptake efficiency (NUpE) over time (left) and in response to N application rate (right) Slope of the regression line (percentage y^{-1} or percentage $kg^{-1} N$) indicates the reduction in NUpE.

نتایج نشان داد که کارایی استفاده از نیتروژن در طی چهار دهه گذشته سالانه به میزان 0/17 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده افزایش یافته به‌علاوه رابطه آن با مقدار مصرف نیتروژن نیز شیبی مثبت معادل 0/06 داشته است (شکل 8).

کارایی استفاده از نیتروژن: میانگین این کارایی که نشان‌دهنده توانایی فیزیولوژیکی گیاه در تبدیل نیتروژن جذب شده به عملکرد می‌باشد، در بوم‌نظام‌های گندم کشور طی 40 سال گذشته 40/7 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده بوده است.



شکل 8- روند تغییرات کارایی استفاده از نیتروژن (کارایی فیزیولوژیکی) در طی زمان (چپ) و بر حسب میزان نیتروژن مصرف شده در واحد سطح (راست)

شیب خط رگرسیون (کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده در سال یا به‌ازای هر واحد نیتروژن مصرف شده) میزان تغییرات کارایی مصرف نیتروژن را مشخص می‌سازد.

Fig. 8- Changes in nitrogen utilization efficiency (NUE) over time (left) and in response to N application rate (right) Slope of the regression line ($kg \text{ grain.kg}^{-1} \text{ absorbed N } y^{-1}$ or $kg^{-1} N$) indicates the increase in NUE.

کارایی گیاهان زراعی را در بازیافت همه منابع نیتروژن (کود و سایر

اسمیل (Smil, 1999) با انجام پژوهشی در مقیاس جهانی

پرمحصول گندم در کشور کارایی تبدیل نیتروژن نیز به‌شکلی ناخودآگاه افزایش یافته است. بهبود کارایی تبدیل در ارقام جدید جو (*Hordeum vulgare* L.) در آرژانتین (Abeledo et al., 2008) و اسکاتلند (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009) گزارش شده است، ولی در ارقام جدید گندم شمال اروپا (Muurinen et al., 2006) و نیز در کانادا (Bulman et al., 1993) مشاهده نشده است بنابراین، تأیید این امر مستلزم مطالعه دقیق‌تر بر روی ارقام جدید و قدیمی کشور می‌باشد.

کارایی مصرف نیتروژن حاصلضرب کارایی جذب (بازیافت) این نهاده در کارایی تبدیل آن است و شواهد آزمایشی نشان می‌دهد که با افزایش مصرف این نهاده هر دو جزء کارایی مصرف نیتروژن کاهش یافته ولی شدت کاهش در مورد کارایی جذب بیشتر از کارایی تبدیل نیتروژن می‌باشد (Biswas & Benbi, 1997; Stevens et al., 2005). لویز بلیدو و لویز بلیدو (Lopez-Bellindo & Lopez-Bellindo, 2001) کارایی نیتروژن در گندم را تحت تأثیر سطوح مصرف نیتروژن در آب و هوای مدیترانه‌ای اسپانیا بررسی کردند. میانگین کارایی مصرف 15/8 کیلوگرم دانه به‌ازای نیتروژن مصرف شده بود که با افزایش مصرف کود به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. میانگین بازیافت نیتروژن 46 درصد بود و بین سطوح صفر و 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن از 61 به 34 درصد رسید در حالی که کارایی تبدیل به‌طور متوسط 34 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده بود و چندان تحت تأثیر میزان مصرف کود قرار نگرفت به‌طوری که تغییرات آن بین تیمارهای آزمایشی از دو واحد تجاوز نکرد.

گاجو و همکاران (Gaju et al., 2011) با ارزیابی صفات مرتبط با کارایی مصرف نیتروژن در 16 ژنوتیپ گندم در طی دو سال و در چهار منطقه انگلستان نشان دادند که کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن از تنوع زیادی برخوردار است و در ژنوتیپ‌های تحت بررسی بین 34-52 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده در تغییر بود. این محققین نتیجه‌گیری کردند که کارایی مصرف نیتروژن عمدتاً تابع کارایی تبدیل این نهاده می‌باشد. باراکلو و همکاران (Barraclough et al., 2010) نیز با بررسی 39 ژنوتیپ گندم طی چهار سال در مقادیر نیتروژن بین صفر تا 350 کیلوگرم در هکتار نشان دادند کارایی مصرف نیتروژن در تمام سطوح نیتروژن تابع کارایی تبدیل بود و بیان داشتند که کارایی فیزیولوژیکی نیتروژن نقش کلیدی در شکل‌گیری عملکرد دانه دارد. بینگهام و همکاران (Bingham et al., 2005) با

منابع کودی نیتروژن 50 درصد برآورد کرد، البته کاسمن و همکاران (Cassman et al., 2002) بیان داشتند از آن‌جا که منابع نیتروژن معدنی خاک در طول فصل رشد و بین سال‌های مختلف ثابت نمی‌ماند میزان بازیافت نیتروژن در این نوع برآوردها معمولاً بیشتر از مقدار واقعی است. داده‌های موجود در مورد کارایی جذب نیتروژن در مقیاس بوم‌نظام بسیار محدود می‌باشند برای مثال، دوبرمن و همکاران (Dobermann et al., 2002) با ارزیابی 358 مزرعه برنج در شش کشور آسیا که به‌طور متوسط 125 کیلوگرم در هکتار نیتروژن دریافت می‌کردند، میانگین کارایی جذب را 37 درصد برآورد کردند. میانگین بازیافت نیتروژن در 21 مزرعه گندم در کشور هند با میانگین 130 کیلوگرم نیتروژن در هکتار معادل 29 درصد بود و میانگین این کارایی در 55 مزرعه واقع در کمربند ذرت آمریکا با مصرف 102 کیلوگرم نیتروژن در هکتار از 37 درصد تجاوز نکرد (Cassman et al., 2002). نتایج تحقیق حاضر نیز نشان داد که کارایی جذب نیتروژن در بوم‌نظام‌های گندم ایران با میانگین مصرف 112 کیلوگرم نیتروژن در هکتار 31 درصد است که با نتایج فوق‌الذکر قابل مقایسه می‌باشد. البته مقادیر بسیار بالای کارایی جذب نیز گزارش شده است برای مثال، در انگلستان کارایی جذب نیتروژن برای گندم زمستانه 65 درصد می‌باشد (Sylvester-Bradley & Kindred, 2009)، سالواگیوتی و همکاران (Salvagiotti et al., 2009) نیز کارایی بازیافت نیتروژن در بوم‌نظام‌های گندم آرژانتین را 42 درصد گزارش کردند.

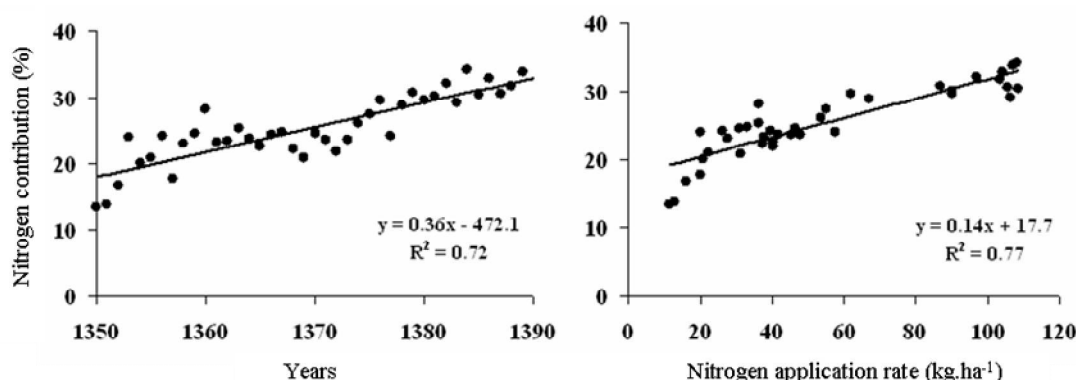
با وجودی که که در طی 40 سال گذشته پیشرفت‌های ژنتیکی قابل توجهی در جهت افزایش عملکرد گندم حاصل شد (شکل 2)، ولی بازیافت نیتروژن در طی این دوره روندی نزولی داشته است و کاهش 15 درصدی را نشان می‌دهد (شکل 7). البته میانگین کارایی جذب نیتروژن در جهان نیز در طی دهه‌های گذشته کاهش یافته است. ایکهورت و همکاران (Eickhout et al., 2006) بیان داشتند که کارایی جذب کل منابع نیتروژنی (کودهای شیمیایی و آلی) در فاصله سال‌های 1970 تا 1995 میلادی در جهان از 46 به 42 درصد، در خاورمیانه از 54 به 47 درصد و در کشورهای در حال توسعه از 53 به 43 درصد رسیده است. از سوی دیگر در طی چهار دهه گذشته کارایی تبدیل (فیزیولوژیکی) نیتروژن در نظام‌های تولید گندم کشور در حدود 7 کیلوگرم دانه به‌ازای کیلوگرم نیتروژن جذب شده افزایش یافته است (شکل 8). به‌نظر می‌رسد همزمان با اصلاح ارقام جدید و

حالی که در دهه 80 با افزایش مصرف نیتروژن به بالاتر از 100 کیلوگرم در هکتار، کارایی مصرف آن عمدتاً به کارایی تبدیل وابسته بوده و در نتیجه تا حدودی افزایش یافته است (شکل 6). در واقع در طی 40 سال گذشته کارایی جذب نیتروژن در نظام‌های تولید گندم کشور کاهش و در مقابل کارایی تبدیل آن افزایش یافته است، ولی چون سرعت کاهش بازیافت بر سرعت افزایش کارایی تبدیل غلبه داشته، کارایی مصرف نیتروژن روندی نزولی را دنبال کرده است. بنابراین، به نظر می‌رسد که کاهش کارایی مصرف نیتروژن در پاسخ به مصرف کود عمدتاً ناشی از کاهش کارایی جذب بوده است.

سهم نسبی نیتروژن در افزایش عملکرد گندم: با افزایش مصرف کودهای نیتروژنی، سهم نسبی این نهاد در عملکرد گندم کشور افزایش یافته است. شیب خط رگرسیون مربوط به روند معادل 0/36 است و بر این اساس هر سال 0/36 درصد به سهم نیتروژن در افزایش عملکرد گندم اضافه شده به‌طوری‌که میانگین سهم نسبی نیتروژن (در مقایسه با سایر نهادها) در دهه 50 در حدود 24 درصد بوده در حالی که در دهه 80 به‌طور متوسط 32 درصد عملکرد گندم به اتکاء کودهای نیتروژنی شکل گرفته است (شکل 9). سهم نیتروژن با افزایش هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی نیز 0/14 درصد بیشتر شده است (شکل 9) در مقادیر کم مصرف نیتروژن این سهم بسیار اندک و در حدود 10 درصد برآورد شد، در حالی که در سطوح بالای مصرف نیتروژن از 30 درصد نیز تجاوز کرد.

مطالعه 15 واریته جو در اسکاتلند سهم کارایی تبدیل و کارایی جذب را در تغییرات کارایی مصرف نیتروژن بین ژنوتیپ‌های تحت بررسی و در تمام سطوح نیتروژن به ترتیب 60 و 40 درصد برآورد کردند. از سوی دیگر ویت کامب و همکاران (Witcombe et al., 2008) بیان داشتند که به‌طور کلی در شرایط عرضه محدود نیتروژن، کارایی مصرف نیتروژن عمدتاً به بازیافت آن و در شرایط مصرف زیاد این نهاد به کارایی تبدیل آن وابسته است. این وضعیت در ارزیابی 10 واریته گندم در مکزیک (اورتیز-موناستریو و همکاران، 1997)، 20 واریته گندم در فرانسه (Le Gouis et al., 2000) و 40 واریته گندم در فنلاند (Muurinen et al., 2006) گزارش شده و در جو (Anbessa et al., 2009; Sinebo et al., 2004) و کلزا (Brassica napus) (Erley et al., 2011; Horst et al., 2003) نیز به تأیید رسیده است. البته گالایس و کوکه (Gallais & Coque, 2005) نشان دادند که در ذرت کارایی مصرف نیتروژن در مقادیر بالای مصرف این نهاد به کارایی جذب وابسته بوده درحالی که در سطوح کم نیتروژن کارایی جذب و تبدیل سهم یکسانی در توصیف کارایی مصرف نیتروژن دارند.

نتایج تحقیق حاضر نیز در انطباق با شواهد فوق نشان داد که در دهه‌های 50 تا 80 یعنی دوره‌ای که میزان مصرف نیتروژن در بوم-نظام‌های گندم کشور پایین بوده (شکل 1) کارایی مصرف نیتروژن با تبعیت از کارایی بازیافت روندی کاهشی را دنبال کرده است، در



شکل 9- روند تغییرات سهم نسبی نیتروژن در افزایش عملکرد گندم در طی زمان (چپ) و بر حسب میزان نیتروژن مصرف شده در واحد سطح (راست)

شیب خط رگرسیون (درصد در سال یا درصد به‌ازای هر واحد نیتروژن مصرف شده) میزان افزایش سهم نیتروژن را مشخص می‌کند.

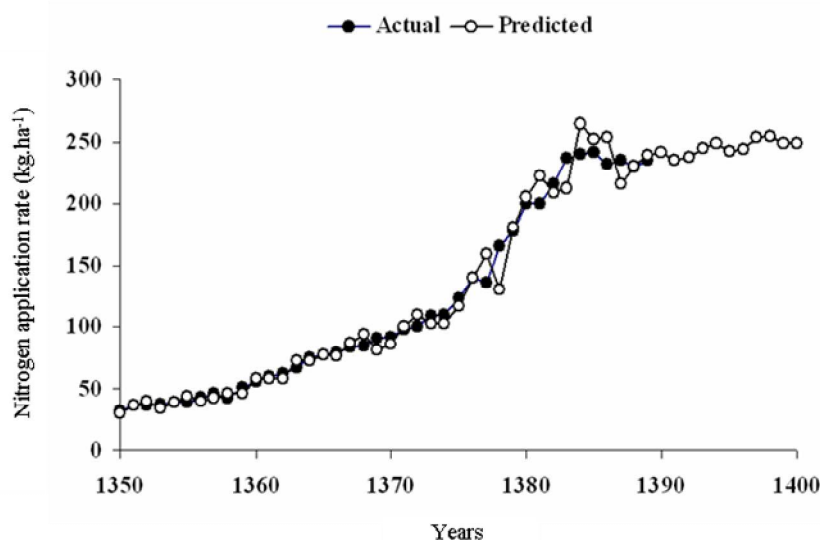
Fig. 9- Changes in nitrogen contribution in increment of wheat yield over time (left) and in response to N application rate (right)

Slope of the regression line (percentage.y⁻¹ or percentage.kg⁻¹ N) indicates the reduction in N contribution.

خاک تجمع دارند خواهد شد (Bingham, 2005; Ho et al., 2005). بنابراین، روش‌های مدیریت مصرف کود موثرترین راهکار در این ارتباط محسوب می‌شوند (Thomason et al., 2002).

وضعیت آینده: در شکل 10 روند مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی در نظام‌های تولید گندم کشور با استفاده از سری زمانی تا سال 1400 شمسی پیش‌بینی شده است. نتایج نشان‌دهنده افزایش اندکی در میزان مصرف این نهاده بوده و به نظر می‌رسد که در طی 10 سال آینده میانگین مصرف کودهای نیتروژنی در تولید گندم در حدود 250 کیلوگرم در هکتار خواهد بود بنابراین کاهش رشد سالانه مصرف این نوع کود که از اواسط دهه 80 آغاز شده (شکل‌های 1 و 3) همچنان ادامه خواهد یافت. لازم به ذکر است که روند ارائه شده در شکل 10 مربوط به مصرف کودهای نیتروژن در مجموعه نظام‌های تولید گندم کشور است در حالی که به نظر می‌رسد تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر مصرف این نهاده بین استان‌های مختلف موجود باشد، بنابراین تحلیل کامل‌تر روند آینده مستلزم ارزیابی دقیق‌تر در مقیاس منطقه‌ای و استانی خواهد بود.

بل و همکاران (Bell et al., 1995) در تحقیقی در مورد نقش نهاده‌های مختلف در شکل‌گیری عملکرد، سهم کود نیتروژن را برای گندم در مکزیک 48 درصد محاسبه کردند و بیان داشتند که افزایش سهم نیتروژن در عملکرد گندم ناشی از کاهش کارایی جذب این نهاده می‌باشد. به نظر می‌رسد که کاهش بهره‌وری و بازیافت نیتروژن نقش مهمی در افزایش سهم نسبی این نهاده در عملکرد گندم کشور داشته است. کاهش بهره‌وری نیتروژن که به نوبه خود ناشی از کاهش بازیافت آن می‌باشد (Dobermann et al., 2005) باعث خواهد شد که هر سال برای حفظ عملکرد در سطحی مشابه یا بالاتر از سال قبل به مصرف کود بیشتری نیاز باشد تا از این طریق کاهش بهره‌وری به وسیله کود بیشتر جبران گردد. در نتیجه در طی سال‌های متوالی به تدریج سهم نسبی نیتروژن در شکل‌گیری عملکرد افزایش و اتکاء نظام‌های تولید گندم کشور به این نهاده شیمیایی بیشتر شود. بهبود کارایی جذب نیتروژن مهمترین اقدام در جهت کاهش وابستگی عملکرد به این نهاده است. البته اصلاح سیستم ریشه‌ای غلات برای جذب بهتر نیتروژن از لایه‌های عمیق خاک باعث اثر منفی بر کارایی جذب عناصر کم‌تحرک نظیر فسفر که عمدتاً در قسمت‌های سطحی



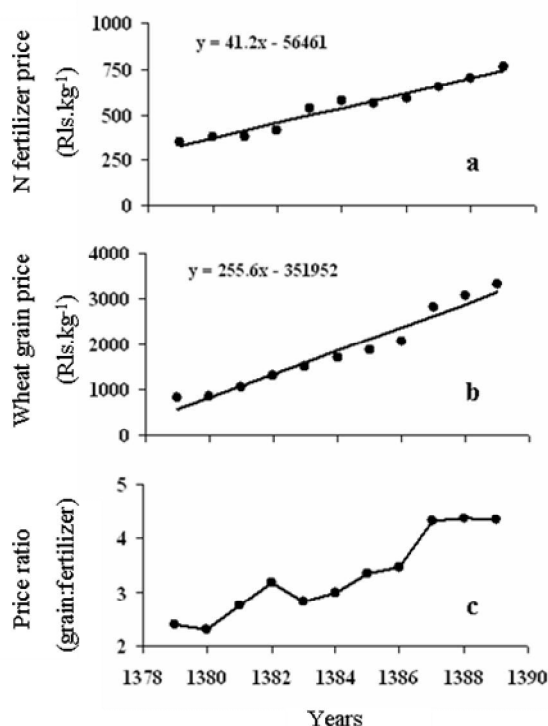
شکل 10- روند مصرف کودهای نیتروژنی در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور برای دوره 10 ساله 1390-1400 پیش‌بینی بر اساس سری‌های زمانی پیش‌بینی از سال 1350 اجرا و نتایج با مقادیر واقعی مقایسه شده است.

Fig. 10- Time course (1390-1400) of nitrogen fertilizers application rate in wheat production systems of Iran predicted using time series analysis

Prediction started from 1350 and the results were compared with the actual values.

نتیجه نسبت قیمت هر کیلوگرم گندم به هر کیلوگرم کود نیتروژن روندی کاملاً صعودی داشته و از حدود 2/5 در سال 1378 به 4/5 در سال 1388 رسیده است (شکل 11-c). لازم به ذکر است که این نسبت در اتحادیه اروپا در سال 2008 میلادی 1/2، در آمریکا در سال 2009 در حدود 2/9 و در مکزیک در سال 2005 برابر با 3 بوده است (Tenkorang & DeBoer, 2009). بنابراین، به نظر می‌رسد که پایین بودن قیمت کودهای نیتروژنی در مقایسه با قیمت گندم علی-رغم پایین بودن بهره‌وری و کارایی این نهاده نقش مهمی در افزایش سریع مصرف این کودها در طی 10 سال گذشته داشته است

روند تغییرات قیمت هر کیلوگرم کود نیتروژنی و قیمت تضمینی خرید هر کیلوگرم دانه گندم در فاصله سال‌های 1379-1389 به ترتیب در شکل‌های 11-a و b نشان داده شده است. در طی این دوره میزان مصرف کودهای نیتروژن در تولید گندم کشور از 120 به 240 کیلوگرم در هکتار رسیده (شکل 11) و در واقع بیشترین رشد را در طی 40 سال گذشته داشته است. بر اساس این نتایج، میانگین افزایش سالانه قیمت هر کیلوگرم کود نیتروژن در حدود 41 ریال بوده است؛ درحالی‌که میانگین رشد سالانه نرخ خرید هر کیلوگرم گندم در دوره مشابه 255 ریال است که در حدود شش برابر کود می‌باشد. در



شکل 11- روند تغییرات قیمت کودهای نیتروژنی (a)، دانه گندم (b) و نسبت این قیمت‌ها (c) در فاصله سال‌های 1379-1389

شیب خط رگرسیون افزایش سالانه قیمت هر کیلوگرم کود و دانه را مشخص می‌کند.

Fig. 11- Time trend during 2000-2010 of the price of nitrogen fertilizers (a) wheat grain (b) and grain: fertilizer price ratio. Slope of the regression lines indicate the annual increase in price of wheat grain and N fertilizers.

که برای برداشت عملکردی معادل هفت تن در هکتار با کارایی جذب فعلی به 200 کیلوگرم در هکتار نیتروژن کودی نیاز است، درحالی‌که با افزایش بازافت نیتروژن به 50 درصد، نیتروژن مورد نیاز برای همین مقدار عملکرد 110 کیلوگرم در هکتار خواهد بود.

به نظر می‌رسد برنامه‌های اقتصادی مربوط به تنظیم قیمت نهاده-ها، اصلاح روش‌های مدیریت در جهت بهبود کارایی جذب نیتروژن راه حل مؤثری در جهت جلوگیری از مصرف بی‌رویه این نهاده باشد. دوبرمن و همکاران (Dobermann et al., 2002) کارایی جذب نیتروژن در مزارع برنج آسیا را 31 درصد گزارش کردند و نشان دادند

نتیجه‌گیری

بخش عمده افزایش عملکرد محصولات زراعی مرهون مصرف کودهای شیمیایی و به‌ویژه نیتروژن است و بیش از 60 درصد مردم جهان برای تأمین غذای خود به نیتروژن کودی وابسته‌اند (Fixen & West, 2002). این امر باعث شده که مصرف کودهای نیتروژنی در جهان در فاصله سال‌های 1960 تا 2000 میلادی سالانه دو میلیون تن افزایش یابد (Cassman et al., 2003) و بر اساس یافته‌های این تحقیق در ایران نیز طی 40 سال گذشته به بیش از نه برابر برسد. در عین حال افزایش سریع مصرف این نهاده در طی چند دهه اخیر نگرانی‌هایی را از نظر آلودگی‌های محیطی ایجاد کرده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در حدود 70 درصد از گازهای گلخانه‌ای حاصل از تولید گندم مربوط به مصرف کودهای نیتروژنی می‌باشد (Mortimer et al., 2004). به‌علاوه، در مقیاس جهانی 50 درصد از انرژی مصرف‌شده در تولید غلات مربوط به تهیه صنعتی کودهای نیتروژنی است (Dawson & Hilton, 2011). بنابراین، به‌نظر می‌رسد که افزایش کارایی مصرف نیتروژن مؤثرترین راه برای افزایش عملکرد

غلات و در عین حال کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی آن از طریق مصرف کمتر کود است (Foulkes et al., 2009). نتایج این تحقیق نشان داد که کارایی بازیافت نیتروژن در بوم‌نظام‌های تولید گندم کشور نسبتاً پایین و در حدود 30 درصد است و این امر باعث شده تا علی‌رغم بهبود کارایی تبدیل نیتروژن در طی چهار دهه گذشته، کارایی مصرف این نهاده روندی نزولی را دنبال کند. به‌کارگیری روش‌های مدیریت در جهت کاهش تلفات نیتروژن و افزایش بازیافت آن، اصلاح ژنتیکی کارایی تبدیل و برقراری تناسب منطقی بین قیمت کودهای شیمیایی و دانه گندم از جمله راهکارهای کلان در جهت بهبود و ارتقاء شرایط موجود می‌باشند.

سیاسگذاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره 1358- پ مصوب 1387/12/12 معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- Abeledo, L.G., Calderini, D.F., and Slafer, G.A. 2008. Nitrogen economy in old and modern malting barleys. *Field Crops Research* 106: 171-178.
- Anbessa, Y., Juskiw, P., Good, A., Nyachiro, J., and Helm, J. 2009. Genetic variability in nitrogen use efficiency of spring barley. *Crop Science* 49: 1259-1268.
- Balasubramanian, V., Alves, B., Aulakh, M., Bekunda, M., Cai, Z., Drinkwater, L., Mugendi, D., Van Kessel, C., and Oenema, O. 2004. Crop, Environmental and Management Factors Affecting Nitrogen Use Efficiency. In: Mosier, A.R., Syers, J.K., Freney, J.R. (Eds.), *Agriculture and the Nitrogen Cycle*. Island Press, Washington, DC p. 19-33.
- Barracough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., and Hawkesford, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy* 33: 1-11.
- Bell, M.A., Fischer, R.A., Byerlee, D., and Sayre, K. 1995. Genetic and agronomic contributions to yield gains: A case study for wheat. *Field Crops Research* 44: 55-65.
- Bingham, I.J., Karley, A.J., White, P.J., Thomas, W.T.B., and Russell, J.R. 2012. Analysis of improvements in nitrogen use efficiency associated with 75 years of spring barley breeding. *European Journal of Agronomy* 42: 49-58.
- Bingham, I.J. 2005. Agronomic approaches for modifying root systems of field crops: opportunities and constraints. *Aspects of Applied Biology* 73 (Roots and the Soil Environment II) 169-178.
- Biswas, C.R., and Benbi, D.K. 1997. Nitrogen balance and N recovery after 22 years of maize-wheat-cowpea cropping in a long-term experiment. *Nutrient Cycling in Agroecosystem* 47: 107-114.
- Bouwman, A.F., Van Dreht, G., and Van der Hoek, K.W. 2005. Nitrogen surface balances in intensive agricultural production systems in different world regions for the period 1970-2030. *Pedosphere* 15(2): 137-155.
- Bruinsma, J.E. 2003. World Agriculture: Towards 2015/2030. In: *An FAO Perspective*, Earthscan, London 432 pp.
- Bulman, P., Mather, D.E., and Smith, D.L. 1993. Genetic-improvement of spring barley cultivars grown in eastern Canada from 1910 to 1988. *Euphytica* 71: 35-48.
- Cassman, K.G. 2001. Crop science research to assure food security. In: J. Nosberger, H.H. Geiger and P.C. Struik (Eds). *Crop Science*, CAB International p. 33-51.
- Cassman, K.G., Dobermann, A., and Walters, D.T. 2002. Agroecosystems, nitrogen-use efficiency, and nitrogen

- management. *Ambio* 31: 132-140.
- Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., and Yang, H. 2003. Meeting cereal demand while protecting natural resources and improving environmental quality. *Annual Review of Environmental Resources* 28: 315-358.
- Dawson, C.J., and Hilton, J. 2011. Fertilizer availability in a resource-limited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy* 36: S14-S22.
- Dobermann, A., and Cassman, K.G. 2005. Cereal area and nitrogen use efficiency are drivers of future nitrogen fertilizer consumption. *Scientific China Series in Life Sciences* 48 (Supp.): 1-14.
- Dobermann, A., Witt, C., Dawe, D., Gines, G.C., Nagarajan, R., Satawathananont, S., Son, T.T., Tan, P.S., Wang, G.H., Chien, N.V., Thoa, V.T.K., Phung, C.V., Stalin, P., Muthukrishnan, P., Ravi, V., Babu, M., Chatuporn, S., Kongchum, M., Sun, Q., Fu, R., Simbahan, G.C., and Adviento, M.A.A. 2002. Site-specific nutrient management for intensive rice cropping systems in Asia. *Field Crops Research* 74: 37-66.
- Eickhout B., Bouwman, A.F., and van Zeijts, H. 2006. The role of nitrogen in world food production and environmental sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 116: 4-14.
- Erley, G.H., Behrens, T., Ulas, A., Wiesler, F., and Horst, W.J. 2011. Agronomic traits contributing to nitrogen efficiency of winter oilseed rape Cultivars. *Field Crops Research* 124: 114-123
- FAO. 2010. Fertilizer Requirements in 2015 and 2030. Rome: FAO, UN.
- Fixen, P.E., and West, F.B. 2002. Nitrogen fertilizers: meeting contemporary challenges. *Ambio* 31: 169-176.
- Foulkes, M.J., Reynolds, M.P., and Sylvester-Bradley, R. 2009. Genetic Improvement of Grain Crops: Yield Potential. In: Sadras, V.O., Calderini, D.F. (Eds.), *Crop Physiology Applications for Genetic Improvement and Agronomy*. Academic Press, Amsterdam p. 355-386.
- Gaju, O., Allard, V., Martre, P., Snape, J.W., Heumez, E., LeGouis, J., Moreau, D., Bogard, M., Griffiths, S., Orford, S., Hubbart, S., and Foulkes, M.J. 2011. Identification of traits to improve the nitrogen-use efficiency of wheat genotypes. *Field Crops Research* 123: 139-152
- Gallais, A., and Coque, M. 2005. Genetic variation and selection for nitrogen use efficiency in maize, a synthesis. *Maydica* 50: 531-547.
- Giller, K.E., Chalk, P., Dobermann, A., Hammond, L., Heffer, P., Ladha, J.K., Nyamudeza, P., Maene, L., Ssali, H., and Freney, J. 2004. Emerging Technologies to Increase the Efficiency of Use of Fertilizer Nitrogen. In: Mosier, A.R., Syers, J.K., Freney, J.R. (Eds.), *Agriculture and the Nitrogen Cycle*. Island Press, Washington, D.C. p. 35-51.
- Hafner, S. 2003. Trends in maize, rice, and wheat yields for 188 nations over the past 40 years: a prevalence of linear growth. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 97: 275-283.
- Ho, M.D., Rosas, J.C., Brown, K.M., and Lynch, J.P. 2005. Root architectural tradeoffs for water and phosphorus acquisition. *Functional Plant Biology* 32: 737-748.
- Horst, W.J., Behrens, T., Heuberger, H., Kamh, M., Reidenbach, G., and Wiesler, F. 2003. Genotypic Differences in Nitrogen Use-efficiency in Crop Plants. In: Lynch, J.M., Schepers, J.S., and Ünver, I. (Eds.), *Innovative Soil-plant Systems for Sustainable Agricultural Production* p. 75-92.
- Jing, Q., Bouman, B.A.M., Hengsdijk, H., Van Keulen, H., and Cao, W. 2007. Exploring options to combine high yields with high nitrogen use efficiencies in irrigated rice in China. *European Journal of Agronomy* 26: 166-177.
- Keshavarz, A., and Sadeghzadeh, K. 2000. Water management in agricultural sector, estimated future demand, drought crisis, current status and future prospects and ways to optimize water use. Ministry of Agriculture, the Research, Education and Extension 29 pp. (In Persian)
- Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Bakhshaie, S., and Davari, A. 2017. A meta-analysis on nitrogen fertilizer experiments on cereal crops in Iran. *Agroecology* In press. (In Persian with English Summary)
- Krupnik, T.J., Six, J., Ladha, K., Paine, M.J., and Van Kessel, C. 2004. An Assessment of Fertilizer Nitrogen Recovery Efficiency by Grain Crops. In: Mosier, A.R., Syers, J.K., Freney, J.R. (Eds.), *Agriculture and the Nitrogen Cycle*. Island Press, Washington, D.C. p. 193-207.
- Le Gouis, J., Beghin, D., Heumez, E., and Pluchard, P. 2000. Genetic differences for nitrogen uptake and nitrogen utilization efficiencies in winter wheat. *European Journal of Agronomy* 12: 163-173.
- Liu, Ch., Watanabe, M., and Wang, Q.X. 2008. Changes in nitrogen budgets and nitrogen use efficiency in the agroecosystems of the Changjiang River Basin between 1980 and 2000. *Nutrients Cycling in Agroecosystem* 80: 19-37.
- Liu, J., Liu, H., Huang, S., Yang, X., Wang, B., Li, X., and Ma, Y. 2010. Nitrogen efficiency in long-term wheat-maize cropping systems under diverse field sites in China. *Field Crops Research* 118: 145-151.
- Lopez-Bellindo, R.J., and Lopez-Belindo, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean conditions: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. *Field Crops Research* 71: 31-46.
- Moll, R.H., Kamprath, E.J., Jackson, W.A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agronomy Journal* 74: 562-564.

- Mortimer, N.D., Elsayed, M.A., and Horne, R.E. 2004. Energy and greenhouse gas emissions for bioethanol production from wheat grain and sugar beet. York, UK: NNFC: Report for British Sugar Number 23/1.
- Muurinen, S., Slafer, G.A., Peltonen-Sainio, P. 2006. Breeding effects on nitrogen use efficiency of spring cereals under northern conditions. *Crop Science* 46: 561-568.
- Naderi, A., Majidi Hervan, I., Hashemi Dezfooli, A.H., Nour Mohammadi, G., and Rezayee, A.M. 2000. Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation in grain of spring wheat genotypes under optimum and post-anthesis drought stress conditions. I. Grain yield and its related traits. *Iranian Journal of Crop Sciences* 3: 1-11. (In Persian with English Summary)
- Ortiz-Monasterio, J.I., Sayre, K.D., Rajaram, S., and McMahon, M. 1997. Genetic progress in wheat yield and nitrogen use efficiency under four nitrogen rates. *Crop Science* 37: 898-904.
- Rejesus, R.M., Heisey, P.W., and Smale, M. 1999. Sources of Productivity Growth in Wheat: A Review of Recent Performance and Medium to Long-Term Prospects. CIMMYT Economics Working Paper 99-05. CIMMYT, Mexico.
- Roy, R.N., Misra, R.V., and Montanez, A. 2002. Decreasing reliance on mineral nitrogen-yet more food. *Ambio* 31: 177-183.
- Salvagiotti, F., Castellari, J.M., Miralles, D.J., Pedro, H.M. 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research* 113: 170-177.
- Sinebo, W., Gretzmacher, R., and Edelbauer, A. 2004. Genotypic variation for nitrogen use efficiency in Ethiopian barley. *Field Crops Research* 85: 43-60.
- Smil, V. 1999. Nitrogen in crop production: An account of global flows. *Global Biogeochemical Cycles* 13: 647-662.
- Sower, K.E., Pan, W.L., Miller, B.C., and Smith, J.L. 1994. Nitrogen use efficiency of split nitrogen application in soft winter wheat. *Agronomy Journal* 86: 942-948.
- Statistical Year Book of Agriculture in Khorasan Razavi Province (SYBAKRP). 2011. Available at: <http://www.koaj.ir/news/default.asp?nk=63&maincatid=1184>. (In Persian.). Khorasan Razavi Province, Iran.
- Stevens, W.B., Hoeft, R.G., and Mulvaney, R.L. 2005. Fate of nitrogen-15 in a long-term nitrogen rate study. I. Interactions with soil nitrogen. *Agronomy Journal* 97: 1037-1045.
- Sylvester-Bradley, R., and Kindred, D.R. 2009. Analysing nitrogen responses of cereals to prioritize routes to the improvement of nitrogen use efficiency. *Journal of Experimental Botany* 60: 1939-1951.
- Tenkorang, F., and DeBoer, J.L. 2009. Forecasting long-term global fertilizer demand. *Nutrients Cycling in Agroecosystem* 83: 233-247.
- Thomason, W.E., Raun, W.R., Johnson, G.V., Freeman, K.W., Wynn, K.J., and Mullen, R.W. 2002. Production system techniques to increase nitrogen use efficiency in winter wheat. *Journal of Plant Nutrition* 25: 2261-2283.
- Walker, G.K. 1989. Model for operational forecasting of western Canada wheat yield. *Agricultural Forest Meteorology* 44: 339-351.
- White, P.J., and Brown, P.H. 2010. Plant nutrition for sustainable development and global health. *Annals of Botany* 105: 1073-1080.
- Witcombe, J.R., Hollington, P.A., Howarth, C.J., Reader, S., and Steele, K.A. 2008. Breeding for abiotic stresses for sustainable agriculture. *Philosophical Transaction of Royal Society of Biology* 363: 703-716.
- Zand, A., Koocheki, A., Rahimian Mashhadi, H., and Nassiri Mahallati, M. 2001. Study of trend analysis of morphological and physiological criteria during the 50 years on some Iranian wheats. *Journal of Agricultural Sciences and Technologies* 16: 161-171. (In Persian with English Summary)
- Zarea, A., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2006. Trend analysis of yield, production and cultivated area of cereal in Iran during the 50 years and prediction of future situation. *Iranian Journal of Field Crops Research* 4(1): 49-69. (In Persian with English Summary)



Trend Analysis of Nitrogen Use and Productivity in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Production Systems of Iran

M. Nassiri Mahallati^{1*} and A. Koocheki¹

Submitted: 08-12-2013

Accepted: 12-04-2014

Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2017. Trend analysis of nitrogen use and productivity in (*Triticum aestivum* L.) production systems of Iran. Journal of Agroecology, 9(2): 360-378.

Introduction

At global level nitrogen (N) fertilizers had drastic effects on crop yields increment during the last century. However, high application rates of this input have resulted to environmental pollution all around the world in addition decreased yields per unit of applied N is also reported in some countries. To fulfill increasing demands for agricultural crops with conservative application of N fertilizers, increasing N use efficiencies is recognized as a sustainable management. This calls for systematic studies on N use efficiency and its components at crop, field and regional levels. However, N efficiencies of agricultural crops at national level are not fully analyzed in Iran. In this research, forty years (1960-2010) data on yield and N application rate were analyzed for yield trend, N efficiencies and its related components for wheat (*Triticum aestivum* L.) production systems of Iran.

Material and Methods

Required data of wheat yield and nitrogen fertilizer application rates during the 40 years study period was obtained from official web sites of national agricultural statistics as well as Ministry of Jihad Agriculture. Using these data partial nitrogen productivity ($\text{kg yield kg N}^{-1}$); nitrogen use efficiency ($\text{kg yield kg}^{-1} \text{N}$, ignoring soil N), nitrogen uptake efficiency (%); nitrogen utilization efficiency ($\text{kg yield kg}^{-1} \text{absorbed N}$); and relative contribution of Nitrogen to grain yield (%) was estimated based on previously reported methods. Yield and N fertilizer application rate were subjected to time series analysis and fertilizer rates were predicted for the next decade over the studied period.

Results and Discussion

The results indicated that during the studied period mean annual growth rate of wheat yield and nitrogen application were 2.9 and 6.9%, respectively leading to 3.4 fold increase in yield and 9.5 fold increase in N fertilizers so that fertilize application rate was changed from 25 to 240 kg ha^{-1} . However, N fertilizer application rate in wheat production systems of Iran is reducing since 80's and prediction based on time series indicted that this rate will not exceed 250 kg ha^{-1} by 2020. Partial N productivity was estimated as $22.5 \text{ kg grain .kg}^{-1} \text{ applied N}$ which is reduced linearly over the studied period with the slope of $-0.19 \text{ kg ha}^{-1} \cdot \text{y}^{-1}$. Mean N use efficiency (NUE) in wheat production systems over the country averaged over four studied decades was $14.5 \text{ kg grain kg}^{-1} \text{ applied N}$. Separation of NUE to its components showed that on average 35.5% of applied N was recovered in wheat agroecosystems of Iran and due decreasing trend of recovery N uptake efficiency was reached to 30% in the late 80's. However, mean N utilization efficiency was estimated as $40 \text{ kg grain kg}^{-1} \text{ absorbed N}$ and increased slightly during the last four decades. Relative contribution of N fertilizers to wheat yield was increased with a positive slope from 24% in the first decade of the study period to 32% after 40 years. Based on the results it seems that the decreasing trend in NUE of wheat production systems of Iran is mainly due to low uptake efficiency which was not compensated for by slight improvement of N utilization efficiency.

Conclusion

Nitrogen application rate in wheat production systems of Iran has increased expansively during the last four decades. However, nitrogen uptake efficiency in wheat production systems of the country is considerably low

1- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.29287

and has resulted in a decreasing trend in nitrogen use efficiency over the last 40 years despite relative increase of N utilization efficiency over this period. Increasing N recovery through protecting N losses at field level, genetic improvement of N utilization efficiency and regulation of N fertilizers price compared to the price of wheat grain are urgent priorities to sustain wheat yield at national level with lower N application rates.

Keywords: N use efficiency, N uptake efficiency, N utilization efficiency, Partial N productivity



ترکیبات گیاهی جایگزینی مناسب جهت کاهش مخاطرات محیطی استفاده از حشره کش های شیمیایی (مورد: سوسک کلرادوی سیب زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)

اکرم تقی زاده ساروکلایی^{1*}، محسن جان پرور² و قدیر نوری قنبلانی³

تاریخ دریافت: 1393/09/10

تاریخ پذیرش: 1394/07/11

تقی زاده ساروکلایی، ا.، جان پرور، م.، و نوری قنبلانی، ق. 1396. ترکیبات گیاهی جایگزینی مناسب جهت کاهش مخاطرات محیطی استفاده از حشره کش های شیمیایی (مورد: سوسک کلرادوی سیب زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* (Say). بوم شناسی کشاورزی، 9(2): 379-388.

چکیده

استفاده از حشره کش های شیمیایی جهت از بین بردن آفات محصولات کشاورزی به ویژه در کشورهای در حال توسعه از اهمیت بالایی برخوردار بوده و مخاطرات محیطی متعددی نظیر آلودگی آب، خاک، ایجاد جمعیت های مقاوم آفت، ایجاد جهش، از بین بردن گونه های مفید و ... را به همراه آورده است. در حالی که در بیشتر کشورهای توسعه یافته تلاش های متعددی جهت کاهش استفاده از حشره کش های شیمیایی و جایگزینی آن با ترکیبات گیاهی صورت گرفته است که در این زمینه نتایج خوبی نیز حاصل گردیده است. در این تحقیق، اثر سه حشره کش تیامتوکسام، دینوتفوران و ایمیداکلوپراید و سه اسانس گیاهی نعناع (*Mentha spicata* L.)، ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و مرزه خوزستانی (*Satureja khuzistanica* Jamzad.) روی لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب زمینی (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)، در قالب طرح بلوک کاملاً تصادفی و در چهار تکرار در شرایط مزرعه ای مورد بررسی قرار گرفت. میزان مرگ و میر پس از 1، 3، 5، 7، 9، 11، 13 و 15 روز سم پاشی و پاشیدن اسانس تعیین گردید. آب به عنوان تیمار شاهد استفاده گردید. نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که اسانس مرزه خوزستانی و سم تیامتوکسام با میزان دز 15 سی سی در هکتار در محیط بعد از 15 روز به ترتیب 90/2 و 95 درصد مرگ و میر ایجاد کردند. بنابراین با توجه به اینکه اسانس نعناع 39/25 و اسانس مرزه خوزستانی 89 درصد این مرحله رشدی آفت را کنترل و سبب کاهش جمعیت آن شده است بر این اساس، حرکت جهت استفاده از ترکیبات گیاهی گام مؤثری در کاهش مخاطرات محیطی ناشی از استفاده حشره کش های شیمیایی برای محصولات کشاورزی در کشور می تواند باشد.

واژه های کلیدی: اسانس ها، مخاطرات، تیامتوکسام، دینوتفوران، ایمیداکلوپراید

مقدمه

ترکیبات سبب ایجاد مقاومت در حشرات آفت، آلودگی غذاهای بشری، مسمومیت پستانداران، تأثیر بر موجودات غیر هدف و آلودگی محیط زیست شده است (Moin Aldini et al., 2014). با توجه به شناخت مخاطرات ناشی از استفاده از حشره کش های شیمیایی بر محیط و انسان ها، گرایش جهت جایگزین هایی با کارایی مشابه برای کنترل آفات کشاورزی جهت کنترل آفات افزایش یافته است، یکی از این جایگزین ها با توجه به طبیعی بودن و نداشتن مخاطره برای محیط و انسان ترکیبات گیاهی می باشند.

در این میان یکی از تولیدات مهم کشاورزی در سراسر جهان و ایران سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) بوده و به علت دارا

مخاطرات طبیعی و انسانی ناشی از استفاده از حشره کش های شیمیایی جهت کاهش خسارت آفات برای جمعیت رو به رشد انسان ها به صورت قابل ملاحظه ای افزایش یافته است. استفاده گسترده از این

1، 2 و 3- به ترتیب دانش آموخته دکتری حشره شناسی کشاورزی، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، استادیار، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه فردوسی مشهد و استاد، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

(*) - نویسنده مسئول: (Email: taghizadeh_saro@yahoo.com
DOI: 10.22067/jag.v9i2.41896

بودن مواد مختلف انرژی‌زای قندی، پروتئینی و ویتامین‌ها جزء یکی از محصولات استراتژیک و هم‌ردیف گندم (*Triticum aestivum* L.) جو (*Hordeum vulgare* L.) و برنج (*Oryza Sativa* L.) محسوب می‌شود. تا جایی که سازمان خواروبار جهانی سال 2008 را سال سیب‌زمینی نامید. تقریباً یک سوم این محصول در کشورهای در حال توسعه عمدتاً در کشورهای آسیایی تولید می‌شود. طبق آمار منتشر شده از سوی اداره کل آمار و اطلاعات کشاورزی کشور در سال زراعی 88-1389 سیب‌زمینی در سطحی معادل 146 هزار هکتار از اراضی کشور کشت شد محصول سالانه آن بالغ بر چهار میلیون تن بوده است (AS, 2012). آفات مهمی در سراسر جهان و در ایران به محصول سیب‌زمینی خسارت می‌زنند. یکی از مهمترین حشرات زیان‌آور سیب‌زمینی در جهان و ایران سوسک کلرادوی سیب‌زمینی می‌باشد که خسارت قابل توجهی را به این محصول وارد می‌سازد. ورود و گسترش سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در مناطق مختلف کشور با در نظر گرفتن تنوع تغذیه آن از گیاهان خانواده بادمجانیان می‌تواند به صورت جدی تولید محصولاتی از جمله سیب‌زمینی را تهدید کند و طبیعی است که این امر موجب بالا رفتن هزینه‌های تولید این محصول می‌شود (Sheibani Tazraji & Pourmirza, 2009). این آفت یکی از پانزده آفت مهم محصولات کشاورزی جهان محسوب می‌شود (Nouri Ganbalani, 1987). لاروها و حشرات کامل این سوسک از برگ و شاخه سیب‌زمینی تغذیه کرده و در صورت بالا بودن جمعیت باعث بی‌برگی کامل گیاه می‌شوند. همچنین حشرات کامل می‌توانند برخی بیماری‌هایی مانند بیماری ویروئیدی غده دوکی سیب‌زمینی، بیماری پژمردگی باکتریایی و پوسیدگی ریشه را نیز منتشر نمایند (Pedigo, 1999). از روش‌های مختلفی مانند روش‌های کنترل شیمیایی، کنترل زراعی، کنترل بیولوژیک و کشت ارقام مقاوم برای کاهش دادن میزان خسارت این آفت استفاده می‌شود. در حال حاضر روش کنترل شیمیایی متداول‌ترین روش کنترل این آفت است، ولی استفاده بی‌رویه از حشره‌کش‌های شیمیایی ضمن ایجاد جمعیت‌های مقاوم آفت در نقاط مختلف جهان اثرات جانبی متعددی روی محیط زیست و موجودات زنده غیرهدف داشته است (Tisler & Zehnder, 1990). با توجه به مقاوم شدن سوسک کلرادوی سیب‌زمینی به آفت‌کش‌های شیمیایی متداول در کنترل آن، در سال‌های اخیر گرایش به استفاده از ترکیبات حشره‌کشی با منشأ گیاهی برای کنترل این آفت بیشتر شده است (Kordali et al., 2010; Pavela,

2007). تاثیر عصاره برگ گوجه‌فرنگی (*Solanum* L.) در غلظت‌های مختلف (100٪، 75٪، 50٪ و شاهد) بر مراحل رشدی سوسک کلرادو بررسی و این نتیجه حاصل گردید که با افزایش سن آفت و کاهش غلظت عصاره مصرفی، درصد مرگ و میر آفت پایین آمده، به طوری که در مرحله تخم بالاترین درصد مرگ و میر دیده شد و در سنین مختلف لاروی، درجات متفاوتی از تلفات مشاهده شد (Hassannejad et al., 2005). اسانس گیاه طربوش (*Flourensia oolepis* Blake) روی حشرات کامل سوسک کلرادو اثر سمی و بازدارندگی تغذیه‌ای مؤثری داشته و اسانس این گیاه در غلظت 100 میکروگرم بر سانتی‌متر مربع به میزان 83 درصد بازدارندگی تغذیه‌ای در حشرات کامل سوسک کلرادو ایجاد کرده است (Garcia et al, 2007)، همچنین نوری قنبلانی و همکاران (Nouri Ganbalani et al., 2010) اثرات دورکنندگی اسانس پنج گیاه درمنه (*Artemisia sieberi* Besser)، ترخون (*Teucrium polium* L.)، لیموترش (*Citrus limonium* Risso.) و شمعدانی عطری (*Pelargonium roseum* Andr.) را روی حشرات کامل و لاروهای سوسک کلرادو مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که اسانس‌های گیاهان درمنه، ترخون و کلپوره برای حشرات کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی خاصیت دورکنندگی دارند. تحقیقات نشان داد که عصاره گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در بالاترین غلظت (پنج درصد) بر لارو سن دوم، لارو سن چهارم و حشرات کامل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی به ترتیب 70، 51، 35 درصد مرگ و میر داشت (Taghizadeh Saroukolai & Nouri Ganbalani, 2012).

بنابراین، به نظر می‌رسد ترکیبات گیاهی می‌توانند به عنوان جایگزین یا مکمل حشره‌کش‌های شیمیایی جهت حفاظت محصولات کشاورزی در آینده به کار روند. این ترکیبات اثرات سوء و منفی برای طبیعت نداشته‌اند و نسبت به حشره‌کش‌های شیمیایی امن‌تر می‌باشند، به سرعت تجزیه می‌گردند در خاک و آب باقی نمی‌مانند و بر جمعیت‌های غیرهدف تأثیر سویی ندارند. یکی از مهمترین ترکیبات گیاهی که امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند اسانس‌های گیاهی می‌باشند (Isman, 2000). با توجه به اینکه گیاهان دارویی به دلیل رشد خودرو و یا زراعی در برخی رویشگاه‌های طبیعی، خواص دارویی آن‌ها و در نتیجه کم‌خطر بودن آن‌ها برای انسان و محیط زیست و

دارویی 50 گرم از پودرهای به دست آمده با 500 میلی‌لیتر آب مقطر درون دستگاه اسانس گیر شیشه‌ای مدل کلونجر⁸ به مدت سه ساعت ریخته شده و به روش تقطیر با آب اسانس تهیه شد. اسانس‌های تهیه شده تا زمان استفاده در داخل شیشه‌های دو میلی‌لیتری با روپوش آلومینیومی در یخچال (دمای چهار درجه سلسیوس) نگهداری شدند. به شیشه‌های حاوی اسانس مقدار 0/1 گرم سولفات سدیم جهت خارج شدن آب آن‌ها اضافه شد.

جمع‌آوری حشرات و انجام طرح

جمعیت اولیه سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در فصول بهار و تابستان از مزارع سیب‌زمینی دشت اردبیل جمع‌آوری شده و در داخل ظروف پلاستیکی نیمه شفاف به ابعاد 30×20×10 سانتی‌متر قرار داده شد و با برگ‌های تازه سیب‌زمینی تغذیه شدند تا به مرحله رشدی لارو سن چهارم برسند و بعد به زمین زراعی آزمایش انتقال داده شوند. در ابتدا زمین زراعی سیب زمینی رقم اگر یا به کرت‌هایی به اندازه شش مترمربع تقسیم‌بندی شد. در هر کرت 32 بوته سیب‌زمینی در مرحله سه برگی قرار داشتند. کرت‌ها بر اساس طرح بلوک کامل تصادفی به شش تیمار (سه سم و سه اسانس) و در چهار تکرار با دو گروه شاهد (شاهد برای سموم و شاهد برای اسانس) در نظر گرفته شد. تیمارها به صورت تصادفی به کرت‌ها اختصاص داده شد. مقادیر استفاده شده برای سموم بر اساس دز توصیه شده مزرعه‌ای (تیامتوکسام 15 گرم در هکتار، ایمیداکلوپراید 60 گرم در هکتار و دینوتفوران 30 گرم در هکتار) و شاهد با آب مقطر تیمار شد. مقادیر استفاده شده برای اسانس‌ها بر اساس دز تخمینی که در شرایط آزمایشگاهی مورد استفاده قرار گرفت استفاده شد (اسانس مرزه خوزستانی: 15 سی سی در هکتار، اسانس نعنای و ریحان 20 سی سی در هکتار) و شاهد با آب مقطر تیمار شد. جهت سم‌پاشی و پاشیدن اسانس‌ها از سمپاش 20 لیتری استفاده گردید. قفس‌های توری به طور تصادفی بر روی بوته‌ها در کرت‌های مورد آزمایش قرار گرفتند و پس از 1، 3، 5، 7، 9، 11، 13 و 15 روز استفاده از سموم و اسانس‌ها مورد بازدید قرار گرفتند که در هر بازدید در هر کرت به صورت تصادفی پنج بوته انتخاب شد و لاروهای زنده و مرده آن بوته شمارش و ثبت شدند. تجزیه داده‌ها در نرم‌افزار SPSS16 انجام گرفت و

تأثیر حشره‌کشی می‌باشد، انگیزه‌ای شد که به بررسی اثرات حشره-کشی سه گیاه دارویی مهم و تأثیر آن‌ها بر سوسک کلرادوی سیب-زمینی با هدف کاهش مخاطرات محیطی ناشی از استفاده از حشره-کش‌های شیمیایی بپردازد.

مواد و روش‌ها

تهیه گیاهان دارویی مورد مطالعه

گیاهان مرزه خوزستانی از کوه‌های زاگرس واقع در استان لرستان، گیاه ریحان از موسسه تحقیقاتی گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهران و گیاه نعنای از باغ گیاه‌شناسی شیراز جمع‌آوری گردیدند که زمان تهیه گیاهان در فصل بهار بوده و بخش‌های مورد مطالعه گیاهان شامل اندام‌های هوایی بود که در شرایط سایه و دمای اتاق خشکانده شده و برای استفاده در مراحل بعدی در داخل کیسه پلاستیک‌های مخصوص در دمای 24- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

تهیه حشره‌کش‌های شیمیایی مورد مطالعه

حشره‌کش‌های مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از: سموم نتونیکوتینوئیدی شامل ایمیداکلوپراید (با نام تجاری کنفیدور¹، سوسپانسیون 35 درصد محصول شرکت بهاور شیمی)، تیامتوکسام (با نام تجاری آکتارا²، دبیوجی³ 25 درصد از شرکت حفاظت از گیاهان سینجنتا⁴ و گرینزبرو⁵)، دینوتفوران (با نام تجاری استارکل⁶، اس جی⁷ 20 درصد از شرکت حفاظت از گیاهان سینجنتا و گرینزبرو) بودند که خریداری گردیدند.

استخراج اسانس

نمونه‌های گیاهی حاوی اسانس بعد از خشکانده شدن در شرایط سایه و در دمای اتاق پودر شدند. سپس برای هر یک از سه گیاه

- 1- Confidor
- 2- Actara
- 3- WG
- 4- Syngenta crop protection
- 5- Greensboro
- 6- Starkel
- 7- SG

میانگین داده‌ها با آزمون توکی¹ مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که از میان سموم مورد بررسی در این تحقیق، سم تیماتوکسام و از میان اسانس‌های گیاهی اسانس مرزه خوزستانی بیشترین اثر را بر لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی داشته‌است (جدول 3). میزان دز مصرفی سم تیماتوکسام با اسانس مرزه خوزستانی به صورت یکسان بوده و اختلاف معنی‌داری بین میزان مرگ و میر این ترکیب شیمیایی و اسانس دیده نشده است (جدول 3). اما نکته‌ای که قابل توجه می‌باشد، میزان ماندگاری سم در محیط است که بعد از گذشت زمان میزان مرگ و میر در سموم ادامه دارد و این ماندگاری سبب ایجاد مقاومت می‌گردد و مزیت کم‌دوام بودن اسانس این می‌باشد که تأثیر خود را در روزهای اول کاربرد آن در محیط می‌گذارد و از طرفی به علت عدم ماندگاری طولانی مدت مقاومت هم ایجاد نمی‌کند.

سم تیماتوکسام از همان ابتدای استفاده در محیط علیه لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی میزان مرگ و میر بالایی را ایجاد کرده‌است و بعد از 15 روز از استفاده این سم بر لارو سن چهارم آفت مورد نظر 95 درصد جمعیت را از بین برده است. سموم ایمیداکلوپراید و دینوتفوران نیز بعد از 15 روز از استفاده به ترتیب به میزان 68 و 73/6 درصد مرگ و میر ایجاد کردند (جدول 1).

این آفت جزو ده گونه از حشرات می‌باشد که نسبت به بیشتر حشره‌کش‌ها مقاومت نشان داده است (Mota-Sanchez et al., 2006)، همچنین به حداقل 41 ترکیب شیمیایی فعال (سمومی از قبیل ارگانوکلره، ارگانوفسفره، کارباماته و پایرتروئیدها) در سراسر جهان مقاوم می‌باشد (Cutler et al., 2005). سموم ایمیداکلوپراید و تیماتوکسام دو تا از سموم نئونیکوتینوئید بسیار رایج برای کنترل سوسک کلرادوی سیب‌زمینی می‌باشند استفاده گسترده از این سموم توسط کشاورزان برای کنترل جمعیت‌های این آفت سبب ایجاد مقاومت گردیده است (Alyokhin et al., 2007). اگرچه سم ایمیداکلوپراید در اکثر نقاط جهان بر سوسک کلرادوی سیب‌زمینی مقاومت ایجاد کرده ولی همچنان به عنوان یکی از سموم غالب در اکثر مناطق جهت کنترل این آفت استفاده می‌گردد (Dively et al.,

1998). سم دینوتفوران به میزان کمی برای این آفت در کشور مورد استفاده قرار گرفته است)، اما این سم نیز از سموم نئونیکوتینوئیدی می‌باشد که در دراز مدت مانند دو سم دیگر مقاومت بالایی از خود به جای می‌گذارد.

در اسانس‌های مورد بررسی در این تحقیق اسانس مرزه خوزستانی بیشترین اثر را نسبت به سایر اسانس‌ها بر مرحله لارو سن چهارم داشته است و بعد از 15 روز از استفاده این سم بر آن 90/2 درصد جمعیت را از بین برده است (جدول 2) که ممکن است به علت وجود میزان بالای کارواکرول مرگ و میر بالایی ایجاد کرده باشد (Mozaffarian, 1999). همچنین اسانس‌های نعناع و ریحان نیز بعد از 15 روز از استفاده به میزان 46 و 48 درصد به ترتیب مرگ و میر ایجاد کردند (جدول 2). اطلاعات نشان می‌دهد که اسانس‌های گیاهی به مقدار زیادی انتخابی هستند و به خاطر محل اثر آن‌ها (گیرنده‌های اکتوپامین) معمولاً اثر سویی بر پستانداران ندارند. این ترکیبات نسبت به حشره‌کش‌هایی مانند کاربامات‌ها، ارگانوفسفرها، و پایرتروئیدهای سنتتیک که اثر سویی بر محیط می‌گذارند، برای محیط امن هستند (Shaaya & Kostyukovsky, 2006). بنابراین، کاربرد این اسانس‌ها در کنترل این آفت در کنار سایر روش‌های کنترل آفت می‌تواند کاربردی باشد. حتی دو اسانس نعناع و ریحان اگرچه نسبت به سموم شیمیایی مورد بررسی در این تحقیق اثر کشندگی کمتر را نشان دادند، ولی در دراز مدت میزان مقاومت ناشی از استفاده از سموم سبب می‌شود که کاربرد این اسانس‌ها رغبت بیشتر را در کنترل این آفت ایجاد نماید. ترکیبات شیمیایی ثانویه موجود در گیاهان از نظر تکاملی عمدتاً تحت تأثیر روابط متقابل گیاهان و حشرات گیاهخوار تکامل یافته‌اند و به همین دلیل اکثر این ترکیبات نسبت به پستانداران و موجودات غیرهدف تقریباً بی‌خطر هستند (Nouri Ganbalani, 2001). محل تأثیر آن‌ها بر بدن حشره انتخابی بوده، سریع تجزیه می‌شوند و در محیط باقی نمی‌مانند.

محققان متعددی در زمینه تأثیر اسانس و عصاره‌های گیاهی بر مراحل رشدی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه‌ای بررسی‌هایی انجام دادند.

جدول 1- اثر سموم ایمیداکلوپراید، دینوتفوران و تیامتوکسام روی لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب زمینی

Table 1- Effect of Imidaclopride, Dinoteforane and Thiamethoxam insecticides on 4th instars larvae of Colorado potato beetle

حشره‌کش‌ها Insecticides	دز مصرفی (سی سی در هکتار) Usage dos a.i.ha ⁻¹	میانگین درصد تأثیر حشره‌کش‌ها بعد از طی روزها ± SD Mean% efficiency insecticides after days ± SD							
		1	3	5	7	9	11	13	15
ایمیداکلوپراید Imidacloprid	60 g	25± 1.2 ^{c*}	31± 1.8 ^c	38± 2.2 ^c	55± 1.9 ^b	58± 1.8 ^b	60± 2.3 ^b	62± 1.9 ^b	68± 3.1 ^b
دینوتفوران Dinoteforane	30 g	32± 1.4 ^c	35± 1.8 ^c	59± 2.3 ^b	60± 2.6 ^b	63± 2.9 ^b	64.2± 2.8 ^b	72± 3.0 ^a	73.6± 2.9 ^a
تیامتوکسام Thiamethoxm	15 g	75± 3.5 ^b	81.2± 3.2 ^b	82± 2.9 ^b	91.1± 3.8 ^a	92± 3.4 ^a	95± 3.1 ^a	95± 2.9 ^a	95± 2.6 ^a
شاهد Control	0	2.1± 0.2 ^d	3.5± 0.1 ^d	5± 0.3 ^d	5± 0.1 ^d	7.2± 1.1 ^d	10± 0.9 ^c	10± 0.8 ^c	16± 0.2 ^c

*حروف غیر مشابه در هر ستون با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم دارند.

*Mean within each columns followed by different letter are significantly different (P≤0.05, Tukey test)

جدول 2- اثر اسانس‌های گیاهی مرزه خوزستانی، ریحان و نعنای روی لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی

Table 2- Effect of *Satureja khuzistanica*, *Ocimum basilicum* and *Mentha spicata* on 4th instars larvae of Colorado potato beetle

اسانس‌ها Essential oils	دز مصرفی (سی سی در هکتار) Usage dos a.i.ha ⁻¹	میانگین درصد تأثیر حشره‌کش‌ها بعد از طی روزها ± SD Mean% efficiency essential oils after days ± SD							
		1	3	5	7	9	11	13	15
<i>Satureja khuzistanica</i> L. مرزه خوزستانی	15 cc	85± 3.5 ^{a*}	88± 3.3 ^a	88± 2.9 ^a	90.2± 3.7 ^a	90.2± 3.4 ^a	90.2± 3.9 ^a	90.2± 4.1 ^a	90.2± 3.7 ^a
<i>Ocimum basilicum</i> L. ریحان	20 cc	35± 2.9 ^c	38± 3.1 ^c	42± 3.5 ^b	42± 3.4 ^b	48± 5.1 ^b	48± 2.1 ^b	48± 3.3 ^b	48± 2.9 ^b
<i>Mentha spicata</i> L. نعناع	20 cc	28± 3.1 ^c	30± 2.9 ^c	30± 3.0 ^c	44± 3.2 ^b	44± 2.7 ^b	46± 3.4 ^b	46± 2.9 ^b	46± 3.5 ^b
شاهد Control	0	5.1± 0.3 ^d	6± 0.2 ^d	6± 0.4 ^d	7.5± 0.7 ^d	10± 0.8 ^d	14± 1.1 ^c	14± 0.9 ^c	19± 0.7 ^c

*حروف غیر مشابه در هر ستون با استفاده از آزمون توکی در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم دارند.

*Mean within each columns followed by different letter are significantly different (P≤0.05, Tukey test)

های صورت گرفته عصاره گیاه نیم با نام تجاری نیمکس^۲ به میزان 25 سی سی در هکتار بعد از سه روز بر لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب‌زمینی هیچ گونه تأثیری نگذاشته است و بعد از هفت روز 6/67 درصد مرگ و میر ایجاد کرد (Osman, 2010).

تکرار پاشش عصاره گیاه خانواده فلفل^۱ در شرایط مزرعه‌ای سبب کنترل مراحل لاروی سوسک کلرادوی سیب‌زمینی می‌شوند به‌طوری که بعد سه بار تکرار با فاصله یک هفته در اوج جمعیت لاروها کنترل آن‌ها به خوبی صورت می‌گیرد (Scott et al., 2003). طی بررسی -

جدول 3- مقایسه تاثیر اسانس های گیاهی و حشره کش ها روی لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب زمینی

Table 3- Compare the effect of insecticides and essential oils on 4th instars larvae of Colorado potato beetle

حشره کش ها و اسانس ها	SD± میانگین درصد مرگ و میر لارو سن چهارم سوسک کلرادوی سیب زمینی طی 15 روز
Insecticides and Essential oils	Mean% mortality of 4 th instars larvae of Colorado potato beetle during 15 days± SD
ایمیداکلوپراید	49.62± 3.26 ^{bc*}
Imidacloprid	
دینیتفوران	57.35± 4.42 ^b
Diniflorane	
تیامتوکسام	88.28± 3.34 ^a
Thiamethoxam	
Satureja khuzistanica	89.00± 5.42 ^a
مرزه خوزستانی	
Ocimum basilicum	43.62± 4.12 ^{bc}
ریحان	
Mentha spicata	39.25± 3.68 ^c
نعناع	

*حروف غیر مشابه در هر ستون با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی داری باهم دارند.

*Mean within each columns followed by different letter are significantly different (P≤0.05, Tukey test)

بیولوژیکی آفت کش ها بیشتر مورد توجه قرار گرفته است و از آن میان اثرات جنبی آفت کش ها بر موجودات مفید اهمیت ویژه دارد و این امر منجر به معرفی ترکیبات طیف باریک با اثر انتخابی شده است. این خاصیت برای ترکیبات معرفی شده جدید تقریباً امری الزامی است (Talebi Jahroomi, 2011). بنابراین، جهت کاهش مخاطرات محیطی ناشی از استفاده سموم شیمیایی می توان گفت:

تا آنجا که امکان دارد مصرف سموم شیمیایی را محدود کنیم.
از ترکیبات گیاهی که برای انسان ها و موجودات مفید بی خطر هستند استفاده کنیم.
تبلیغات و آموزش صحیح استفاده از این ترکیبات در بین کشاورزان صورت گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه محقق اردبیلی به خاطر انجام طرح در دانشکده علوم کشاورزی آن دانشگاه تشکر و قدردانی می شود.

کمترین تعداد لارو روی برگ های تیمار شده با اسانس های درمنه، لیموترش، شمعدانی عطری و کلپوره در غلظت 500 میکرولیتر در لیتر مستقر شدند که تأثیر دورکنندگی بر لاروهای سن سوم سوسک کلرادوی سیب زمینی داشتند (Nouri Ganbalani et al., 2010).
عصاره آبی استخراج شده از برگ شمعدانی معمولی (*Pelargonium hortorum* Bailey) و (*Geranium pusillum* L.) با داشتن ترکیباتی مثل فلاوونوئید، پلی فنول و تانن سبب بازدارندگی تغذیه ای می شوند و بر روی مراحل مختلف رشدی سوسک کلرادوی سیب زمینی تأثیر منفی می گذارند (Lamparski & Wawrzyniak, 2005).
استفاده از باکتری بی.تی.تی.¹ و عصاره نیم و پیرترین به صورت همزمان در مزرعه میزان تلفات جمعیت لاروهای سوسک کلرادوی سیب زمینی را به مقدار زیادی افزایش می دهد (Barcic et al., 2006).

نتیجه گیری

با مطرح شدن کشاورزی پایدار و مدیریت تلفیقی آفات، اثرات

منابع

Agricultural census. 2012. Agricultural census of annual crop during 2010-2011. Available at Web site

- <http://porsyar.com/detail/1107721/article/6> (verified 29 may 2013).
- Alyokhin, A., Dively, G., Patterson, M., Castaldo, C., Rogers, D., Mahoney, M., and Wollam, J. 2007. Resistance and cross-resistance to imidacloprid and thiamethoxam in the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata*. Pest Management Science 63: 32-41.
- Barcic, J.I., Bazok, R., Bezjak, S., Gotlin Culjak, T., and Barcic, J. 2006. Combination of several insecticides used for integrated control of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say., Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Pest Science 79: 223-232.
- Cutler, G.C., Scott-Dupree, C.D., Jeffrey, H., Tolman, J.H., and Harris, C.R. 2005. Acute and sublethal toxicity of novaluron, a novel chitin synthesis inhibitor, to *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Pest Management Science 61: 1060-1068.
- Dively, G.P., Follett, P.A., Linduska, J.J., and Roderick, G.K. 1998. Use of imidacloprid-treated row mixtures for Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) management. Journal of Economical Entomology 91(2): 376-387.
- Hassannejad, S., Rasolian, G., Nouri-Ganbalani, G., and Tobeh, A. 2005. Study of Leaf Extract of Tomato (*Lycopersicum sculentum* L.) on Life Stages of Colorado Potato Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)). In fourth Horticultural Science Congress, Mashhad, Iran, 8-10 November 2005. (In Persian)
- Isman, M.B. 2000. Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection 19: 603-608.
- Kordali, S., Kesdek, M., and Cakir, A., 2007. Toxicity of monoterpenes against larvae and adults of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Industrial Crops and Products 26: 278-297.
- Lamparski, R., and Wawrzyniak, M. 2005. Effect of water extracts from Geraniaceae plants on feeding and development of Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* Say). Journal of Plant Protection Research 45: 115-123.
- Moin Aldini, S.A., Zand, E., Kambozia, J., Mahdavi Damghani, A., Deihim Fard, R. 2014. Environmental hazard assessment by using insecticides registered in Iran with the EIQ index. Journal of Agroecology 6(2): 250-265. (In Persian with English Summery)
- Mota-Sanchez, D., Hollingworth, R.M., Grafius, E.J., and Moyer, D.D. 2006. Resistance and cross-resistance to neonicotinoid insecticides and spinosad in the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Pest Management Science 62: 30-37.
- Mozaffarian, V. 1999. Khuzistan Flour. Natural source research center and Khuzistan order, Khuzistan, Iran. (In Persian)
- Nouri Ganbalani, G. 1987. Study the biology of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say) in Ardabil. Iranian Journal of Agricultural Science 1: 1-9. (In Persian with English Summery)
- Nouri Ganbalani, G. 2001. Insect Ecology. Mohaghegh Ardabili University Publication, Ardabil. (In Persian)
- Nouri Ganbalani, G., Fathi, S.A.A., and Barmaki, M. 2010. Effect of some essential oils of plant on egg laying and feeding behavior of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col.: Chrysomelidae). Journal of Plant Protection (Agricultural Science). 33: 1-9. (In Persian with English Summery)
- Osman, M.A. 2010. Biological efficacy of some biorational and conventional insecticides in the control of different stages of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae). Plant Protection Science 46: 123-134.
- Pavela, R. 2010. Antifeedant activity of plant extracts on *Leptinotarsa decemlineata* Say. and *Spodoptera littoralis* Bois. larvae. Industrial Crops and Products 32: 213-219.
- Pedigo, L.P. 1999. Entomology and Pest Management. Prentice Hall, U.S.A.
- Scott, I.M., Jensen, H., Scott, J.G., Isman, M.B., Arnason J.T., and Philogene B.J. 2003. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). Insect Biochemistry and Physiology 54: 212-225.
- Shaaya, E., and Kostyukovysky, M. 2006. Essential oils: potency against stored product insects and mode of action. Available at <http://www.stewartpostharvest.com/>
- Sheibani Tazraji, Z., and Pourmirza, A. 2009. Study the biology of Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Journal of Biology of Azad University of Garmsar 4: 53-60. (In Persian with English Summary)
- Talebi Jahroomi, K. 2011. Toxicology of Pesticides, University of Tehran Publication, Tehran, Iran. (In Persian)
- Taghizadeh Saroukolai, A., and Nouri Ganbalani, G. 2012. Efficacy of medicinal plant of basil, *Ocimum basilicum* L.

on developmental stages of the Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). In: Proceeding of 3th Iranian Agricultural Biotechnology Congress, Mashhad, Iran, 3-5 Septamber p. 87. (In Persian with English Summary)

Tisler, A.M., and Zehnder, G.W. 1990. Insecticide resistance in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) on the eastern shore of Virginia. Journal of Economical Entomology 83: 666-677.



Plant Materials as an Appropriate Replacement for Reducing Environmental Risk of Using Chemical Insecticides (Case Study: Colorado Potato Beetle Beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say)))

A. Taghizadeh Saroukolai^{1*}, M. Janparvar² and G. Nouri Ganbalani³

Submitted: 01-12-2014

Accepted: 03-10-2015

Taghizadeh Saroukolai, A., Janparvar, M., and Nouri Ganbalani, G. 2017. Plant materials as an appropriate replacement for reducing environmental risk of Using chemical insecticides (Case study: Colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata* (Say))). Journal of Agroecology 9(2): 379-388.

Introduction

Natural and human hazards risen due to the use of chemical pesticides to reduce pest damage are significantly increased. In this manner, tend to use alternatives with similar efficacy and less risk like plant to control pests has increased. Therefore, it seems that plant compounds can be used as alternatives to chemical insecticides to protect agricultural products in the future. These compounds have no harmful and negative effects on nature and are safer than chemical insecticides; they decompose rapidly, do not remain in soil and water and have no effect on non-target populations. Potato is one of the most important agricultural products around the world with a major pest of it around the world and in Iran that harm the product is Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say). Nowadays chemical control is the most common method to control of this pest but causes resistance. According to the Colorado potato beetle resistant to conventional chemical pesticides for controlling them, in recent year tendency to use insecticide with plant origin become more for this pest. One of the most important plant compounds are essential oils. Due to the low risk of essential oils to humans and the environment and their insecticidal effect, we motivated to investigate the insecticidal effects of three important medicinal plants on Colorado potato beetle for reducing the environmental hazards arising from the use of chemical insecticides.

Material and Methods

Three insecticides thiamethoxam, diniteforane, imidacloprid were bought and three essential oils *Satureja khuzistanica* Jamzad, *Ocimum basilicum* L. and *Mentha spicata* L. were gathered in spring then dried in shade at room temperature and for later use in special plastic bags were stored at -24 ° C. Essential oils were extracted by Clevenger. In the spring and summer 4th instars larvae of *Leptinotarsa decemlineata* Say from potato fields of Ardabil plain collected. Investigation against this pest was done in a completely randomized block design with four replications under field conditions. Mortalities were recorded at 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 and 15 days after spraying insecticides and essential oils. The control plants were treated with water. Data analysis was done in SPSS16 software and the mean of the data was compared with Turkey's test.

Results and Discussion

This study results showed that thiamethoxam had greatest effect on fourth instar larvae of Colorado potato beetle. In 15cc a.i./ha of thiamethoxam in the environment after 15 days 95% mortality happen. Imidacloprid and diniteforane after 15 days have 68 and 73.6% mortality respectively. Imidacloprid and thiamethoxam are two most common Colorado potato beetle insecticides that are used by farmers. Diniteforane is not a common insecticides in country. Also investigation showed that essential oil of *S. khuzistanica* had greatest effect on fourth instar larvae of Colorado potato beetle. In 15cc a.i./ha of *S. khuzistanica* in the environment after 15 days 90.2% mortality happen. *O. basilicum* and *M. spicata* after 15 days have 48% and 46% mortality respectively.

1, 2 and 3-Former PhD student of Agricultural Entomology, Department of plant protection, Faculty of Agricultural Science, University of Mohaghegh Ardabili, Assistant Professor, Department of geography, Faculty of Letters and humanities, Ferdowsi University of Mashhad and Professor of Agricultural Entomology, Department of plant protection, Faculty of Agricultural science, University of Mohaghegh Ardabili, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.41896

Data showed that essential oils are highly selective and because of their effect (actopamin receptor) usually have no adverse effect on mammals. These compounds in contrast to synthetic carbamates, organophosphorous, and pyrethroid that has adverse effect on the environment and people are safe for the environment.

Conclusion

Therefore, using plant material is effective step for reducing environmental risk of chemical insecticides that used for agricultural crop in country. In order to reduce the environmental hazards caused by the use of chemical pesticides, it could be said:

- 1- Limit the use of chemical pesticides.
2. Use plant materials that are safe for humans and creatures.
3. Promote and educate farmers for using proposed compounds.

Acknowledgment

Thereby researcher thanks and appreciated from the Faculty of Agricultural Sciences of University of Mohaghegh Ardabili for doing this project.

Keywords: Essential oils, Risk, Dinotefuran, Imidacloprid, Thiamethoxam



بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: I- غلات

روح‌الله مرادی^{1*} و نسیمه پور قاسمیان¹

تاریخ دریافت: 1393/09/15

تاریخ پذیرش: 1394/03/22

مرادی، ر.، پور قاسمیان، ن. 1396. بررسی انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت محصولات مهم استان کرمان: I- غلات. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 389-405

چکیده

در این تحقیق، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) برای استان کرمان در سال زراعی 92-1391 مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت محصولات مذکور در شهرستان‌های مختلف استان کرمان از طریق آمار سازمان جهاد کشاورزی استان استخراج گردید. میزان کاربرد نهاده‌های شیمیایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش توسط پرسشنامه‌ها و مصاحبه حضوری از شهرستان‌های مختلف استان جمع‌آوری شد. انتشار گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) و همچنین پتانسیل گرمایش جهانی در محصولات مورد بررسی بر اساس میزان مصرف نهاده، ضرایب انتشار و سطح زیر کشت محاسبه شد. نتایج نشان داد که در هر سه محصول مورد بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود نیتروژن بیشتر از دیگر نهاده‌ها بود. میزان انتشار CO_2 ، N_2O و CH_4 در گندم بیشتر از ذرت و آن هم بیشتر از جو بود. در بین شهرستان‌های مورد بررسی، جیرفت و رفسنجان به ترتیب بیشترین و کمترین میزان انتشار را دارا بودند. میزان سالیانه پتانسیل گرمایش جهانی در مناطق و غلات مورد بررسی مطابق با روند انتشار گازهای گلخانه‌ای بود. در حالی که، میزان این شاخص در هکتار، در شهرستان‌های جیرفت و سیرجان از بیشترین و کمترین میزان برخوردار بود. میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب معادل CO_2 در ذرت (504 تن در هکتار) بالاتر از گندم (404 تن در هکتار) و جو (431 تن در هکتار) بود. در بین نهاده‌های مورد بررسی، کود نیتروژن حدود 87 درصد پتانسیل گرمایش جهانی را باعث شد.

واژه‌های کلیدی: آفت‌کش، اوره، تغییر اقلیم، ضریب انتشار، گندم

مقدمه

(2010). نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده است همگی مؤید بروز این پدیده در کشور بوده‌اند (Moradi et al., 2014). افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای دلیل این تغییرات اقلیمی هستند، که خود تأثیر مهمی در میزان تولید بوم‌نظام‌های کشاورزی جهان دارد. علاوه بر این، جمع‌بندی مدل‌های تجربی مورد بررسی در مورد تغییر اقلیم نشان می‌دهد که اگر میزان افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای به همین طریق افزایش یابد، میانگین دما کره زمین در آینده‌ای نزدیک به‌طور خطرناکی افزایش پیدا خواهد کرد (IPCC, 2007). در حال حاضر،

تغییر اقلیم جهانی یکی از مواردی است که در دهه‌های اخیر توجه محققان را به خود معطوف کرده است و بسیاری از مطالعات اخیر حاکی از تأثیر چشم‌گیر انسان بر اقلیم جهانی است (Wolf, 1- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی بردسیر، دانشگاه شهید باهنر کرمان

(Email: r.moradi@uk.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/jag.v9i2.42033

به دلیل افزایش سریع غلظت گازهای گلخانه‌ای، سیستم اقلیمی از تعادل کنونی خارج شده است. از این‌رو، حتی اگر دستکاری انسان نیز در انتشار این گازها متوقف شود، بازهم باید انتظار افزایش درجه حرارت کره زمین را داشت (Salinger, 2005).

اثر گلخانه‌ای اثرات زیادی بر سیستم‌های کشاورزی جهان خواهد گذاشت. احتمالاً مناطقی که امروزه زیر کشت محصولات مختلف قرار دارند، به نحوی دچار تغییر شوند و فرم رشد، حیات و تنوع گونه‌های موجود در اکوسیستم‌های طبیعی تحت تأثیر قرار گیرند. به‌طوری‌که، احتمال می‌رود در اقلیم آینده به دلیل محدودیت سازگاری گونه‌های گیاهی و جانوری در اکوسیستم‌ها تغییر کرده و نیز افزایش شیوع گونه‌های مهاجم، افزایش خطر انقراض گونه‌های بسیار آسیب‌پذیر و نابودی زیستگاه‌ها، تنوع زیستی اکوسیستم‌ها را تغییر دهد. همچنین، تغییرات اقلیمی می‌تواند بر دوره رشد آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، سرعت معدنی شدن و قابلیت دسترسی به عناصر غذایی، فصل رشد، فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه و کارکرد اکوسیستم‌های زراعی تأثیرگذار باشد (Lichtfouse, 2009). علاوه بر این، احتمال می‌رود وقوع تنش خشکی در بسیاری از مناطق دنیا شدت یابد (Rosenzweig & Tubiello, 2007).

سهم کشاورزی در پدیده تغییر اقلیم حدود 13/5 درصد می‌باشد (IPCC, 2001). در این بین، حدود 60 درصد از انتشار جهانی اکسیدنیترژن، 39 درصد از انتشار جهانی متان و یک درصد از انتشار جهانی دی‌اکسیدنیترژن و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی¹ مربوط به بخش کشاورزی می‌باشد. میزان انتشار جهانی N_2O و NO از طریق فعالیت‌های مختلف کشاورزی به ترتیب حدود 1/7-4/8 و 1/6 ترا گرم در سال گزارش شده است (Yao et al., 2009). طی دو قرن گذشته فعالیت‌های بشر غلظت جهانی اکسید نیترژن را 13 درصد افزایش داده است (EPA, 1998). باید خاطر نشان شد، با اینکه انتشار اکسیدنیترژن کمتر از دیگر گازهاست، اما سهم هر واحد اکسیدنیترژن در پتانسیل گرمایش زمین به مراتب بیشتر از گازهای دیگر می‌باشد. به‌طوری‌که، سهم هر واحد از گازهای CH_4 ، CO_2 و N_2O در پتانسیل گرمایش زمین به ترتیب برابر با 1، 24/5 و 320 می‌باشد (Rodhe, 1990).

استفاده از کودها و سموم شیمیایی، سوخت‌های فسیلی، مدیریت

خاک‌های زراعی، مدیریت کود دامی در دامداری‌ها و سوزاندن بقایای آلی از مهمترین منابع تولید گازهای گلخانه‌ای در بخش کشاورزی می‌باشد. بین سال‌های 1360 تا 1390، میزان کاربرد کودهای شیمیایی نیترژنه حدود 325٪ شده است (MAJ, 2012). از آنجاییکه، تولید محصولات زراعی مستقیماً به شرایط اقلیمی وابسته است، کشاورزی یکی از اولین بخش‌هایی است که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرار می‌گیرد (Salinger, 2005). اگرچه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی تغییر در مدیریت مربوط به آبیاری، خاک، رقم محصول، فعالیت‌ها و فناوری‌های مورد استفاده در کشت محصولات زراعی، می‌تواند در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بر رشد، نمو و عملکرد محصولات کشاورزی نقش به‌سزایی داشته باشد (Ozkan & Akcaoz, 2002).

استان کرمان یکی از مهمترین استان‌های تولید کننده غلات در کشور می‌باشد. به‌طوری‌که سطح زیر کشت گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) در این استان در سال زراعی 92-1391 به ترتیب 105035، 18299 و 29536 هکتار بوده است (Kerman Organization of Agriculture, 2014). از این‌رو، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای برای غلات در این استان قابل توجه به‌نظر می‌رسد. بنابراین، هدف از این تحقیق بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای N_2O ، CH_4 و همچنین پتانسیل گرمایش جهانی حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی نیترژن، فسفر، پتاسیم، علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش در زراعت غلات گندم، جو و ذرت در شهرستان‌های مختلف استان کرمان بود.

مواد و روش‌ها

اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت غلات گندم، جو و ذرت که جزء مهمترین گیاهان مورد کشت و کار در استان کرمان می‌باشند (Kerman Organization of Agriculture, 2014)، برای برخی از شهرستان‌های استان کرمان شامل بردسیر، بم، جیرفت، راور، رفسنجان، سیرجان و کرماندر سال زراعی 93-1392، با مراجعه به اداره جهاد کشاورزی استان کرمان و در صورت نیاز شهرستان‌های مربوطه و همچنین از طریق مراجعه به سایت وزارت جهاد کشاورزی کرمان استخراج شد.

برای بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از کاربرد

در این رابطه، $t: 1/96$ (در سطح اطمینان 95٪)، s : پیش برآورد انحراف معیار جامعه، d : دقت احتمالی مطلوب، N حجم جامعه و n حجم نمونه است. اطلاعات از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری به دست آمد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسیدکربن (CO_2)، اکسید نیتروژن (N_2O) و متان (CH_4) با استفاده از ضرایب انتشار (جدول 1) که از طریق روابط استخراج شده از منابع گوناگون به دست آمد، محاسبه شد. در رابطه با آفت‌کش‌ها تنها ضریب انتشار برای CO_2 در منابع یافت شد.

نهاده‌های شیمیایی شامل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش نیاز به اطلاعات مربوط به میزان مصرف این نهاده‌ها در شهرستان‌های مذکور برای محصولات مورد بررسی بود. برای این امر، بر اساس سطح زیر کشت و تعداد مزارع هر شهرستان، این اطلاعات از تعداد مشخصی از کشاورزان توسط پرسشنامه‌ها و مصاحبه حضوری جمع‌آوری شد. تعداد پرسشنامه برای هر شهرستان یا به عبارتی تعداد افراد نمونه با استفاده از فرمول کوکران تخمین زده شد (Snedecor & Cochran, 1976).

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

$$d = \frac{t \times s}{\sqrt{n}} \quad (2) \text{ معادله}$$

جدول 1- ضرایب انتشار گازهای گلخانه‌ای برای نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده
Table 1- GHGs emission coefficient per kg application of chemical inputs and GWP

منبع Reference	متان (گرم) CH_4 (g)	اکسید نیتروژن (گرم) N_2O (g)	دی اکسید کربن (کیلوگرم) CO_2 (kg)	نهاده (کیلوگرم) Input (kg)
سیندر و همکاران (Snyder et al., 2009)	3.70	0.03	1.30	نیتروژن N
سیندر و همکاران (Snyder et al., 2009)	1.80	0.02	0.20	فسفر P
سیندر و همکاران (Snyder et al., 2009)	1.00	0.01	0.15	پتاسیم K
لال (Lal, 2004)	—	—	6.30	علف‌کش Herbicide
لال (Lal, 2004)	—	—	5.10	حشره‌کش Insecticide
لال (Lal, 2004)	—	—	3.90	قارچ‌کش Fungicide
آی‌پی‌سی‌سی (IPCC, 2007)	21.00	310	1.00	ضریب پتانسیل گرمایش جهانی GWP

(2007). بنابراین، واحد این شاخص به صورت معادل دی‌اکسیدکربن بیان گردید. برای این منظور، میزان گاز اکسیدنیتروژن با ضریب 310 و متان با ضریب 21 در محاسبات وارد شد.

در نهایت میزان پتانسیل گرمایش جهانی بر اساس معادل (3) محاسبه شد.

(3)

در این معادله، GWP : پتانسیل گرمایش جهانی (کیلوگرم معادل

محاسبه پتانسیل گرمایش جهانی نیز بر اساس گزارشات روبرسون و همکاران (Robertson et al., 2000) و تیلن و همکاران (Thelen et al., 2010) انجام شد. به منظور محاسبه این شاخص، میزان انتشار دی‌اکسیدکربن، متان و اکسیدنیتروژن محاسبه شده برای هر شهرستان و محصول در نظر گرفته شد. اثر هر کدام از گازهای گلخانه‌ای در معادله $GWP = CO_2 \text{ flux} + (N_2O \text{ flux} \times 310) + (CH_4 \text{ flux} \times 21)$ (برای هر کیلوگرم) قرار می‌گیرد. به‌طوری‌که هر واحد متان و اکسیدنیتروژن به ترتیب حدود 21 و 310 برابر دی‌اکسیدکربن در گرمایش زمین نقش دارند (IPCC, 2007).

دی اکسید کربن در هکتار)، $CO_2 flux$: انتشار دی اکسید کربن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی، $N_2 O flux$: انتشار اکسید نیتروژن حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی و $flux CH_4$: انتشار متان حاصل از مصرف نهاده‌های شیمیایی می‌باشند. داده‌های آزمایش جهت تعیین اشتباه استاندارد با استفاده از نرم افزار SAS نسخه 9/1 مورد آنالیز قرار گرفت.

نتایج و بحث

میزان مصرف نهاده‌های شیمیایی در غلات: میانگین

مصرف نهاده‌های شیمیایی مختلف در استان کرمان برای غلات گندم، جو و ذرت در جدول (2) نشان داده شده است. از نظر میزان مصرف نیتروژن در دو گیاه گندم و جو اختلاف معنی داری مشاهده نشد، ولی مصرف این نهاده در گیاه ذرت به‌طور معنی داری بالاتر از گندم و جو بود. کود نیتروژن مورد استفاده در بیشتر مزارع اوره (46%) نیتروژن بود. میزان مصرف فسفر در هر سه گیاه به‌طور معنی داری اختلاف نشان داد. به‌طوری که میزان مصرف کود شیمیایی فسفر در ذرت و گندم به ترتیب حدود 58 و 28 درصد بیشتر از زراعت جو بود (جدول 2). اکثر کشاورزان در استان کرمان از کود سوپرفسفات تریپل جهت تأمین فسفر استفاده می‌کردند. ذرت و گندم از نظر مصرف کود شیمیایی پتاسیم اختلاف معنی داری نشان ندادند، ولی این میزان بیش از دو برابر مصرف پتاسیم در محصول جو بود. دو گیاه ذرت و جو به

ترتیب بیشترین (1/06 کیلوگرم در هکتار) و کمترین (0/44 کیلوگرم در هکتار) میزان مصرف علف‌کش را شامل شدند (جدول 2). علف‌کش 2-4-D بیشترین میزان مصرف را در زراعت غلات در کرمان شامل شد و علاوه بر آن کشاورزان از علف‌کش‌های آترازین، آلاکلر، گرانستار و تاپیک نیز استفاده می‌نمودند. میزان مصرف حشره‌کش در محصولات مورد بررسی اختلاف معنی داری نشان داد. به‌طوری که، در زراعت گندم (0/49 کیلوگرم در هکتار) و پس از آن ذرت (0/26 کیلوگرم در هکتار) حشره‌کش بیشتری نسبت به جو (0/08 کیلوگرم در هکتار) در استان کرمان مصرف می‌شد. در گندم حشره‌کش‌های دلتامترین (دسیس)، موسپیلان و پریمور، در جو موسپیلان و پریمور و در ذرت دیازنون و کلریپریفوس بیشترین میزان استفاده در استان کرمان را دارا بودند. بیشترین میزان مصرف قارچ‌کش نیز در گیاه جو مشاهده شد و نکته جالب اینکه مصرف قارچ‌کش در زراعت ذرت توسط هیچ یک از کشاورزان مورد بررسی گزارش نشد (جدول 2). قارچ‌کش‌های مانکوزب و کاربندازیم مهمترین قارچ‌کش‌های مورد مصرف در زراعت گندم و جو در استان کرمان بودند. رجیبی و همکاران (Rajabi et al., 2012) نیز گزارش نمودند که سموم شیمیایی گرانستار، تاپیک، سافیکس بی‌دبلیو، آلتوکمی، آلتو 100، کاربندازیم و دیازنون از مهمترین نهاده‌های شیمیایی مورد استفاده در زراعت گندم در گرگان می‌باشند.

جدول 2- میانگین مصرف نهاده‌های شیمیایی (کیلوگرم در هکتار) برای زراعت برخی غلات در استان کرمان

Table 2- Input application ($kg \cdot ha^{-1}$) for cultivating cereal in Kerman province

نهاد (کیلوگرم) Input (kg)	گندم Wheat	جو Barley	ذرت Maize
نیتروژن N	268.9±14.54*	259.6±14.68	313.2±12.18
فسفر P	197.3±11.61	153.8±28.94	241.2±14.39
پتاسیم K	16.22±8.23	7.69±6.18	16.18±9.60
علف‌کش Herbicide	0.53±0.11	0.44±0.14	1.06±0.14
حشره‌کش Insecticide	0.49±0.09	0.08±0.05	0.26±0.07
قارچ‌کش Fungicide	0.26±0.07	0.44±0.12	-

*: Standard Error

*: اشتباه استاندارد

تأثیر نهاده‌های شیمیایی مختلف بر انتشار گازهای گلخانه‌ای

کود شیمیایی نیتروژن: بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، N_2O و CH_4 حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن برای گندم، جو و ذرت در شهرستان‌های مختلف استان کرمان نشان داد که به‌طور کلی در کلیه شهرستان‌ها و در هر سه محصول مورد بررسی میزان انتشار CO_2 بیشتر از CH_4 و آن هم بیشتر از N_2O بود (جدول 3). در محصول گندم شهرستان‌های جیرفت و بردسیر به ترتیب بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را شامل شدند و شهرستان رفسنجان کمترین انتشار ناشی از مصرف کود نیتروژن را در زراعت این محصول دارا بود (جدول 3). در گیاه جو نیز میزان انتشار CO_2 از حدود 1905 تا 7/5 تن، انتشار N_2O از حدود 44 تا 0/17 کیلوگرم و انتشار CH_4 از 5422 تا 21 کیلوگرم در هر سال زراعی متغیر بود. شهرستان‌های جیرفت، بردسیر، سیرجان و کرمان به ترتیب بیشترین میزان انتشار CO_2 ، N_2O و CH_4 حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن را در زراعت گیاه جو نشان دادند و کمترین میزان انتشار در شهرستان رفسنجان مشاهده شد (جدول 3).

به‌نظر می‌رسد میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای رابطه مستقیمی با سطح زیر کشت دارد، به‌طوری‌که استان جیرفت به دلیل دارا بودن بیشترین سطح زیر کشت غلات (Kerman Organization of Agriculture, 2014)، انتشار گازهای گلخانه‌ای بالاتری نیز دارا بود. در رابطه با انتشار گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، N_2O و CH_4 در زراعت گیاه ذرت نیز نتایج نشان داد که میزان انتشار هر سه گاز مذکور در شهرستان جیرفت بالاتر از دیگر شهرستان‌ها بود و شهرستان‌های بم و کرمان در جایگاه بعدی قرار داشتند (جدول 3). کمترین میزان انتشار برای ذرت نیز در شهرستان رفسنجان مشاهده شد. در این مورد نیز با افزایش سطح زیر کشت، میزان انتشار در سال افزایش نشان داد. در مجموع انتشار CO_2 در زراعت گندم (حدود 21242 تن در سال) و ذرت (حدود 8375 تن در سال) بالاتر از جو (حدود 5113 تن در سال) بود (جدول 3). همچنین، انتشار گاز N_2O ناشی از مصرف کود اوره در گندم بیش از 4 برابر جو و 2/5 برابر ذرت بود. در رابطه با گاز CH_4 ناشی از مصرف کود شیمیایی نیتروژن در استان کرمان نیز به ترتیب میزان انتشار در گندم، جو و ذرت حدود 60548، 14554 و 23837 کیلوگرم در سال بود (جدول 3).

جدول 3- کل میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف کود شیمیایی نیتروژن در شهرستان‌های مختلف استان کرمان برای برخی غلات

Table 3- Total GHGs emission as affected by chemical N fertilizer for studied cereal in Kerman province

شهرستان Region	گندم Wheat			جو Barley			ذرت Maize		
	دی اکسید کربن (تن) CO_2 (t)	اکسید نیتروژن (کیلوگرم) N_2O (kg)	متان (کیلوگرم) CH_4 (kg)	دی اکسید کربن (تن) CO_2 (t)	اکسید نیتروژن (کیلوگرم) N_2O (kg)	متان (کیلوگرم) CH_4 (kg)	دی اکسید کربن (تن) CO_2 (t)	اکسید نیتروژن (کیلوگرم) N_2O (kg)	متان (کیلوگرم) CH_4 (kg)
بردرسیر Bardsir	2924±448*	67±12	8321±547	1389±611	32±9	3955±98	49±11	1±0.08	139±13
بم Bam	702±22	17±14	1997±365	307±47	7±2	873±52	114±74	3±1.02	325±23
جیرفت Jiroft	14982±2245	346±59	42641±542	1905±233	44±10	5422±425	7966±875	184±21	22672±12
راور Ravar	244±23	6±0.3	696±11	68±18	2±2	192±88	55±3	1±0.2	155±8
رفسنجان Rafsanjan	34±11	1±0.4	96±16	7±2	0.2±0.08	21±4	0.8±0.2	0.02±0.01	2±1
سیرجان Sirjan	1245±99	29±2	3542±543	797±36	18±8	2268±411	61±4	1±1	174±7
کرمان Kerman	1113±111	26±9	31670±287	641±52	15±3	1823±267	130±31	3±0.7	371±55
مجموع Total	21242.1	490.2	60458	5113.5	118	14553.8	8375.4	193.28	23837.3

*: اشتباه استاندارد

*: Standard Error

کود شیمیایی فسفر: میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای CO₂

CH₄ و N₂O ناشی از مصرف کود شیمیایی فسفر در زراعت غلات گندم، جو و ذرت برای شهرستان‌های مختلف استان کرمان در جدول 4 نشان داده شده است. در هر سه غله مورد بررسی، میزان انتشار CO₂ مربوط به مصرف کود شیمیایی فسفر به مراتب بیشتر از N₂O و CH₄ بود و کمترین میزان انتشار مربوط به گاز N₂O بود. در زراعت گندم، میزان انتشار کلیه گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی در شهرستان جیرفت بیشتر از دیگر شهرستان‌ها بود و شهرستان‌های بردسیر، سیرجان و کرمان در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول 4). کمترین میزان انتشار CO₂، N₂O و CH₄ ناشی از مصرف فسفر برای گندم در شهرستان‌های رفسنجان و راور مشاهده شد. گیاه جو نیز از نظر انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از کود شیمیایی فسفر شرایط مشابه با گندم را دارا بود (جدول 4). در گیاه ذرت نیز بیشترین انتشار مربوط

به شهرستان جیرفت بود، ولی شهرستان‌های کرمان، بم و سیرجان در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول 4). کمترین میزان انتشار نیز در شهرستان رفسنجان مشاهده شد. به‌طور کلی، در هر سه گیاه مورد بررسی و کلیه شهرستان‌های استان کرمان میزان انتشار CO₂ در گندم بیشتر از جو و ذرت بود. در کلیه شهرستان‌ها به‌جز جیرفت و راور میزان انتشار CO₂ حاصل از کود شیمیایی فسفر در زراعت جو بیشتر از ذرت بود، ولی در مجموع این صفت در ذرت (حدود 142 تن در سال) بیشتر از جو (حدود 67 تن در سال) بود (جدول 4). دلیل بالا بودن انتشار CO₂ در ذرت نسبت به جو در شهرستان‌های جیرفت و راور دارا بودن شرایط اقلیمی مناسب برای کشت و کار ذرت و بالا بودن سطح زیر کشت این محصول در این دو شهرستان می‌باشد. در رابطه با دو گاز N₂O و CH₄ ناشی مصرف کود شیمیایی فسفر شرایط مشابه با گاز CO₂ مشاهده شد.

جدول 4- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مصرف کود شیمیایی فسفر در شهرستان‌های مختلف استان کرمان در غلات مورد بررسی**Table 4- GHGs emission as affected by chemical P fertilizer for studied cereal in Kerman province**

شهرستان Region	گندم Wheat			جو Barley			ذرت Maize		
	دی اکسید کربن (تن) CO ₂ (t)	اکسید نیتروژن (کیلوگرم) N ₂ O (kg)	متان (کیلوگرم) CH ₄ (kg)	دی اکسید کربن (تن) CO ₂ (t)	اکسید نیتروژن (کیلوگرم) N ₂ O (kg)	متان (کیلوگرم) CH ₄ (kg)	دی اکسید کربن (تن) CO ₂ (t)	اکسید نیتروژن (کیلوگرم) N ₂ O (kg)	متان (کیلوگرم) CH ₄ (kg)
بردرسیر Bardsir	330±32*	33±4	2970±623	121±33	13±2	1140±498	6±7	0.58±0.2	52±6
بم Bam	79±11	8±3	713±66	28±5	3±1.3	252±41	14±1	1±0.09	122±23
جیرفت Jiroft	1691±333	169±18	15221±986	174±22	17±3	1563±369	944±111	94±25	8494±731
راور Ravar	28±2	3±1.1	248±14	6±0.5	0.62±0.07	55±9	7±2	0.65±0.3	58±11
رفسنجان Rafsanjan	4±0.8	0.4±0.02	34±4	0.7±0.08	0.07±0.01	6±2	0.1±0.09	0.01±0.006	0.9±0.09
سیرجان Sirjan	141±33	14±3	1264±189	73±12	7±2	654±66	7±1	0.72±0.2	65±7
کرمان Kerman	126±25	13±3	1130±121	58±18	6±0.7	525±96	15±8	2±0.5	139±5
مجموع Total	2397.9	239.8	21580.4	466.1	46.6	4194.7	992.3	99.2	8930.7

* : اشتباه استاندارد

*: Standard Error

جدول 5- میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای (کیلوگرم) حاصل از مصرف کود شیمیایی پتاسیم در شهرستان‌های مختلف استان کرمان در غلات

Table 5- GHGs emission (kg) as affected by chemical K fertilizer for studied cereal in Kerman province

شهرستان Region	گندم Wheat			جو Barley			ذرت Maize		
	دی اکسید کربن CO ₂	اکسید نیتروژن N ₂ O	متان CH ₄	دی اکسید کربن CO ₂	اکسید نیتروژن N ₂ O	متان CH ₄	دی اکسید کربن CO ₂	اکسید نیتروژن N ₂ O	متان CH ₄
بردسیر Bardsir	20347±2453*	1±0.8	136±31	4749±857	0.3±0.06	32±6	291±51	0.02±0.004	2±0.2
بم Bam	4883±551	0.3±0.04	33±11	1049±182	0.1±0.01	7±2	680±93	0.05±0.01	5±0.9
جیرفت Jiroft	104274±3587	7±1.3	695±88	6512±742	0.4±0.03	43±8	47482±1421	3±1.1	317±44
راور Ravar	1701±234	0.1±0.05	11±2	231±13	0.02±0.001	2±0.3	325±63	0.02±0.01	2±0.7
رفسنجان Rafsanjan	234±80	0.02±0.01	2±0.4	25±6	0.002±0.001	0.2±0.03	5±1.3	0.001±0.0009	0.03±0.01
سیرجان Sirjan	8661±821	0.6±0.04	58±10	2723±364	0.2±0.03	18±3	364±31	0.03±0.005	2±0.8
کرمان Kerman	7744±60	0.5±0.06	52±14	2189±400	0.2±0.02	15±4	777±11	0.05±0.01	5±0.6
مجموع Total	147844.0	9.9	985.6	17478.0	1.2	116.5	49924.0	3.3	332.8

*: اشتباه استاندارد
*: Standard Error

جدول 6- میزان انتشار گاز CO₂ (کیلوگرم در هکتار) حاصل از مصرف آفتکش‌های شیمیایی در شهرستان‌های مختلف استان کرمان

Table 6- CO₂ emission (kg.ha⁻¹) as affected by chemical pesticides for studied cereal in Kerman province

شهرستان Region	گندم Wheat			جو Barley			ذرت Maize		
	علف کش Herbicide	حشره کش Insecticide	قارچ کش Fungicide	علف کش Herbicide	حشره کش Insecticide	قارچ کش Fungicide	علف کش Herbicide	حشره کش Insecticide	قارچ کش Fungicide
بردسیر Bardsir	27924±4214*	20899±2103	8480±944	11412±1111	1679±258	7065±811	801±121	159±24	-
بم Bam	6701±1587	5016±862	2035±625	2520±521	371±56	1560±833	1870±58	371±14	-
جیرفت Jiroft	143103±124	107102±23658	43458±5243	15648±3213	2303±369	9687±633	130648±6989	25942±999	-
راور Ravar	2334±696	1746±118	708±33	554±99	81±14	343±31	894±88	178±22	-
رفسنجان Rafsanjan	320±55	240±11	97±18	61±13	9±1.2	38±9	13±3	3±0.8	-
سیرجان Sirjan	11887±362	8896±880	3610±55	6545±711	963±111	4056±611	1002±66	199±25	-
کرمان Kerman	10628±1258	7954±66	3228±399	5261±811	774±89	3257±187	2137±399	424±75	-
مجموع Total	202898	151854.1	61616.7	42001.3	6182.1	26000.9	1373676	27275.9	-

*: اشتباه استاندارد
*: Standard Error

CH₄ بود. ولی این اختلاف نسبت به نهاده‌های نیتروژن و فسفر بسیار کمتر بود (جدول 5). در کلیه شهرستان‌های مورد بررسی میزان انتشار هر سه گاز گلخانه‌ای در گندم بیشتر از جو و ذرت بود. در بررسی دو

کود شیمیایی پتاسیم: در بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود شیمیایی پتاسیم نیز نتایج نشان داد که در هر سه محصول مورد بررسی میزان انتشار CO₂ بیشتر از N₂O و

میزان کل انتشار گازهای گلخانه‌ای در غلات مورد بررسی

نتایج نشان داد که در بین شهرستان‌ها و غلات مورد بررسی، بیشترین (حدود 17 هزار تن در سال) میزان انتشار CO_2 مربوط به شهرستان جیرفت در کشت گندم و کمترین (کمتر از یک تن در سال) میزان آن در شهرستان رفسنجان و در زراعت ذرت مشاهده شد (جدول 7). در گندم، شهرستان‌های جیرفت، بردسیر، سیرجان و کرمان به ترتیب دارای بیشترین و شهرستان‌های رفسنجان، راور و بم به ترتیب کمترین میزان انتشار CO_2 را در سال دارا بودند (جدول 7). در گیاه جو نیز شرایط مشابه با گندم صادق بود. نتایج بررسی‌ها نشان داد که بیش از 95 درصد از کل انتشار گاز CO_2 برای مزارع ذرت در استان کرمان مربوط به شهرستان جیرفت می‌باشد و بقیه شهرستان‌ها کمتر از پنج درصد را شامل می‌شوند (جدول 7). این ناشی از سطح زیر کشت بالای ذرت در این شهرستان بود. در مجموع برای سطح استان کرمان، میزان انتشار گاز CO_2 در زراعت گندم (24204 تن در سال) بیشتر از ذرت (9582 تن در سال) و آن هم بیشتر از جو (5671 تن در سال) بود. در کل میزان انتشار با سطح زیر کشت هر گیاه مطابقت داشت.

در هر سه محصول مورد بررسی، میزان انتشار N_2O در شهرستان جیرفت و رفسنجان به ترتیب بیشتر و کمتر از دیگر شهرستان‌ها بود (جدول 8). شهرستان جیرفت در هر سه محصول گندم، جو و ذرت سهم زیادی از انتشار N_2O را شامل شد. به‌طوری‌که، به ترتیب حدود 70، 36 و 95 از کل انتشار N_2O در استان کرمان ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی برای زراعت گندم، جو و ذرت به شهرستان جیرفت اختصاص داشت (جدول 8). در گندم و جو شهرستان‌های بردسیر و سیرجان نیز بعد از جیرفت بیشترین میزان انتشار N_2O را در بین شهرستان‌های استان دارا بودند. در ذرت میزان انتشار در شهرستان‌های کرمان (4/60 کیلوگرم در سال) و بم (4/03 کیلوگرم در سال) بیشتر از بردسیر و سیرجان بود (جدول 8). در مجموع میزان انتشار N_2O در استان کرمان ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی برای گندم و ذرت بیشتر از جو بود. همچنین، برای مجموع انتشار N_2O در سه محصول، شهرستان‌های جیرفت، بردسیر و سیرجان دارای بیشترین انتشار بودند.

گیاه جو و ذرت نتایج نشان داد که در شهرستان‌های جیرفت و راور میزان انتشار کلیه گازهای گلخانه‌ای مورد بررسی در زراعت ذرت بیشتر از جو بود. ولی در دیگر شهرستان‌ها میزان انتشار در جو بیشتر از ذرت بود. در مجموع، میزان انتشار CO_2 ، N_2O و CH_4 مربوط به مصرف کود شیمیایی پتاسیم در گندم بیشتر از ذرت و آن هم بیشتر از جو بود (جدول 5).

آفت‌کش‌های شیمیایی: مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی در

شهرستان‌های مختلف استان کرمان میزان انتشار متفاوتی را نشان داد. به‌طوری‌که، میزان انتشار CO_2 از حدود 143 هزار کیلوگرم در سال برای شهرستان جیرفت ناشی از مصرف علف‌کش در گندم تا حدود سه کیلوگرم در شهرستان رفسنجان و ناشی از مصرف حشره‌کش در زراعت ذرت متفاوت بود (جدول 6). در بررسی میزان انتشار CO_2 مربوط به مصرف علف‌کش شیمیایی در غلات مورد بررسی، نتایج نشان داد که در کلیه شهرستان‌ها میزان این انتشار در گندم بالاتر از جو و ذرت بود (جدول 6). به‌جز در شهرستان‌های جیرفت و راور، در دیگر شهرستان‌های استان کرمان میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف علف‌کش‌های شیمیایی در جو بیشتر از ذرت بود. در رابطه با حشره‌کش و قارچ‌کش نیز شرایط فوق صادق بود. با این تفاوت که در زراعت ذرت در منطقه کرمان هیچ گونه قارچ‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نمی‌گرفت. در گیاه گندم میزان انتشار CO_2 ناشی از مصرف حشره‌کش بیشتر از قارچ‌کش بود. در حالی‌که، در گیاه جو این روند برعکس بوده و انتشار CO_2 ناشی از مصرف قارچ‌کش شیمیایی بیشتر از حشره‌کش بود (جدول 6). بررسی مجموع انتشار آفت‌کش‌های مختلف در گیاهان مورد بررسی نیز نشان داد که در هر سه گیاه میزان انتشار CO_2 مربوط به علف‌کش بیشتر از حشره‌کش و قارچ‌کش بود. از نظر انتشار CO_2 ناشی از مصرف حشره‌کش نیز نتایج نشان داد که میزان انتشار در گندم (151854 کیلوگرم در سال) بسیار بیشتر از ذرت (27275 کیلوگرم در سال) و آن هم بالاتر از جو (6182 کیلوگرم در سال) بود. میزان کل انتشار CO_2 حاصل از مصرف قارچ‌کش‌های شیمیایی در استان کرمان برای گندم بیش از دو برابر جو بود (جدول 6).

جدول 7- میزان کل انتشار CO₂ (تن) در شهرستان‌های مختلف استان کرمان در غلات مورد بررسی

Table 7- Total CO₂ emission (ton) for studied cereal in various regions of Kerman

شهرستان Region	گندم Wheat	جو Barley	ذرت Maize	مجموع Total
بردسیر Bardsir	3331±566*	1540±30	56±3	4928
بم Bam	799±111	340±33	130±11	1270
جیرفت Jiroft	17071±901	2113±522	9114±419	28297
راور Ravar	278±54	75±6	62±16	416
رفسنجان Rafsanjan	38±8	8±2.3	0.93±0.03	47
سیرجان Sirjan	1418±499	884±36	70±7	2372
کرمان Kerman	1267±300	710±80	149±10	2127
مجموع Total	24204.0	5671.2	9582.1	39457

*: اشتباه استاندارد

*: Standard Error

جدول 8- میزان کل انتشار N₂O (کیلوگرم) در شهرستان‌های مختلف استان کرمان برای برخی غلات

Table 8- Total N₂O emission (kg) for studied cereal in various regions of Kerman

شهرستان Region	گندم Wheat	جو Barley	ذرت Maize	مجموع Total
بردسیر Bardsir	102±20*	45±4	2±0.06	148.6
بم Bam	24±3	10±2.1	4±0.8	38.41
جیرفت Jiroft	522±66	62±11	281±20	864.9
راور Ravar	9±2	2±0.7	2±0.05	12.63
رفسنجان Rafsanjan	1±0.17	0.24±0.02	0.03±0.01	1.44
سیرجان Sirjan	43±5	26±8	2±0.6	71.33
کرمان Kerman	39±11	21±4	5±1.1	64.12
مجموع Total	739.8	165.8	295.8	1201.4

*: اشتباه استاندارد

*: Standard Error

58560 کیلوگرم در سال برای گندم در شهرستان جیرفت تا سه کیلوگرم در سال برای ذرت در رفسنجان متغیر بود. انتشار گاز CH₄ روند مشابه با گاز N₂O نشان داد (جدول 9).

میزان کل انتشار ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در محصولات گندم، جو و ذرت برای گاز گلخانه‌ای CH₄ در مناطق مختلف استان کرمان در جدول 9 نشان داده شده است. میزان آن از

جدول 9- میزان کل انتشار CH_4 (کیلوگرم) در شهرستان‌های مختلف استان کرمان برای برخی غلات

Table 9- Total CH_4 emission (kg) for studied cereal in various regions of Kerman

شهرستان Region	گندم Wheat	جو Barley	ذرت Maize	مجموع Total
بردسیر Bardsir	11430±633*	5130±366	193±30	16750
بم Bam	2742±588	1132±222	451±80	4320
جیرفت Jiroft	58560±6356	7030±700	31480±4200	97070
راور Ravar	955±44	249±29	216±16	1420
رفسنجان Rafsanjan	131±10	27±2	3±0.7	160
سیرجان Sirjan	4860±13	2940±366	241±50	8040
کرمان Kerman	4350±288	2360±989	515±60	7230
مجموع Total	83020	18860	33100	134990

*: اشتباه استاندارد

*: Standard Error

جدول 10- میزان پتانسیل گرمایش جهانی (تن معادل CO_2) در شهرستان‌های مختلف استان کرمان برای برخی غلات

Table 10- Global warming potential (GWP) (ton CO_2 equivalence) for studied cereal in various regions of Kerman

شهرستان Region	گندم Wheat	جو Barley	ذرت Maize	مجموع Total
بردسیر Bardsir	3603±601*	1663±554	61±8	5326
بم Bam	865±22	367±39	141±41	1373
جیرفت Jiroft	18462±833	2280±188	9862±679	30604
راور Ravar	301±67	81±19	68±8	449
رفسنجان Rafsanjan	41±9	8±2	1±0.06	51
سیرجان Sirjan	1534±48	953±69	75±13	2563
کرمان Kerman	1371±188	767±48	161±22	2299
مجموع Total	26176.9	6118.8	10369.0	42665

*: اشتباه استاندارد

*: Standard Error

پتانسیل گرمایش جهانی

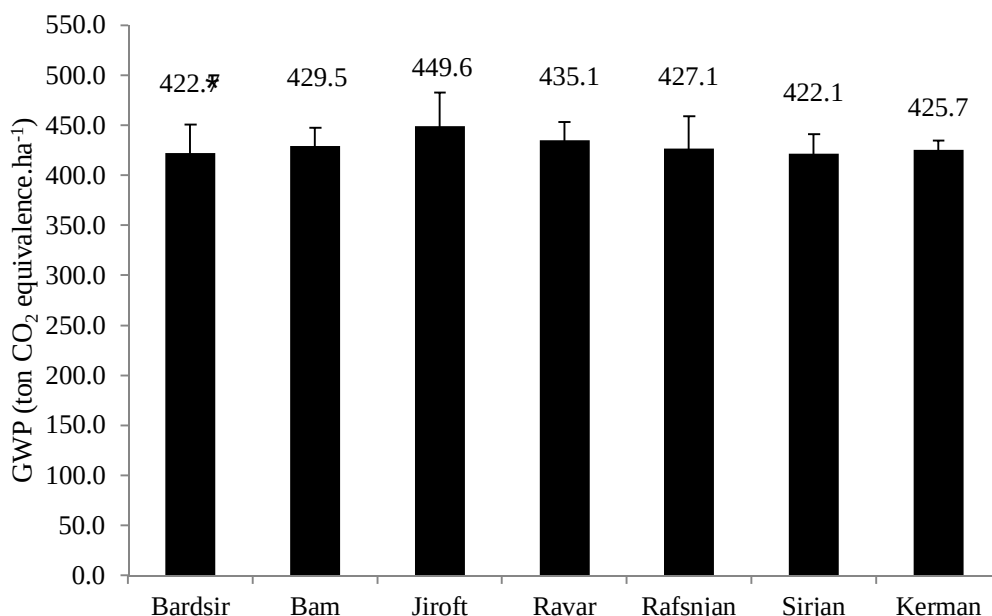
نتایج نشان داد که سالانه حدود 42665 تن معادل دی‌اکسیدکربن در نتیجه مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت گندم، جو و ذرت در استان کرمان به جو انتشار می‌یابد (جدول 10). به ترتیب حدود 61، 15 و 24 درصد از این پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به گندم، جو و ذرت می‌باشد. همچنین، در مجموع شهرستان‌های جیرفت و بردسیر به ترتیب با 30604 و 5326 تن معادل دی‌اکسیدکربن در سال، بیشترین و شهرستان رفسنجان و راور به ترتیب با 51 و 449 تن کمترین سهم را در بین شهرستان‌های استان کرمان در پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در غلات مورد بررسی دارا بودند (جدول 10). در هر دو گیاه گندم و جو، بعد از شهرستان جیرفت، شهرستان بردسیر و در ذرت شهرستان‌های سیرجان و کرمان بیشترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی را شامل شدند (جدول 10). در هر سه محصول، کمترین میزان این صفت مربوط به شهرستان رفسنجان بود. این مقادیر بیشترین تبعیت را از سطح زیر کشت دارا بودند.

در بررسی میزان پتانسیل گرمایش جهانی در هکتار برای شهرستان‌های مورد بررسی، نتایج نشان داد که میزان این شاخص در

شهرستان جیرفت (450 تن در هکتار) بیشترین و بعد از آن نیز شهرستان‌های راور (435 تن در هکتار) و بم (430 تن در هکتار) قرار داشتند (شکل 1). کمترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در هکتار نیز مربوط به سیرجان (422 تن در هکتار) و بردسیر (423 تن در هکتار) بود.

در بین غلات مورد بررسی نیز ذرت با پتانسیل گرمایش جهانی حدود 504 تن معادل دی‌اکسیدکربن در هکتار نسبت به جو (431 تن در هکتار) و گندم (404 تن در هکتار) از میزان بیشتری برخوردار بود (شکل A2).

نتایج نشان داد که حدود 87 درصد از پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی در زراعت گندم، جو و ذرت در استان کرمان مربوط به مصرف کود نیتروژنه شیمیایی بود (شکل B2). کود فسفر و علف‌کش‌های شیمیایی نیز به ترتیب حدود 11 و 1 درصد این شاخص را شامل شدند. نهاده‌های شیمیایی پتاسیم، حشره‌کش و قارچ‌کش نیز در مجموع 1/23 درصد از پتانسیل گرمایش جهانی مربوط به زراعت غلات در استان کرمان را دارا بودند (شکل 2 B).

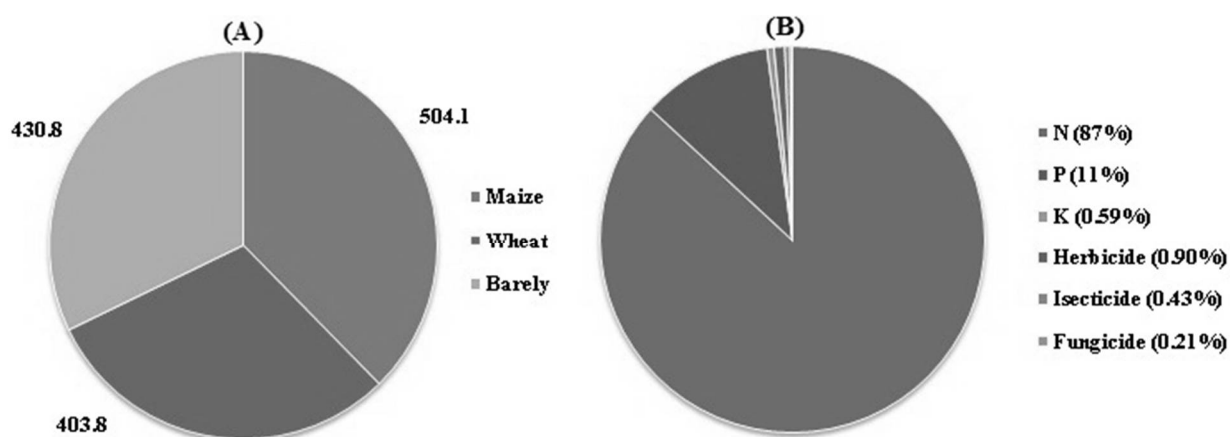


شکل 1- میزان پتانسیل گرمایش جهانی (تن معادل CO₂ در هکتار) ناشی از مصرف نهاده‌های شیمیایی

*: اشتباه استاندارد

Fig. 1- GWP (ton CO₂ equivalence.ha⁻¹) caused by chemical inputs

*: Standard Error



شکل 2- میزان پتانسیل گرمایش جهانی (تن معادل CO₂ در هکتار) در هر یک از غلات (A) و سهم هر یک از نهاده‌های شیمیایی در میزان پتانسیل گرمایش جهانی (B)

Fig. 2- GWP (ton CO₂ equivalence ha⁻¹) for each cereal (A) and the share of each chemical input in GWP (B)

نمودند که کاربرد کود شیمیایی نیتروژن در ازای نقش مهمی که در تامین غذای بشر دارد، به‌عنوان یک منبع اصلی تولید گازهای گلخانه‌ای به‌خصوص دی‌اکسیدکربن و اکسید نیتروژن مطرح بوده و سلامت بشر را تهدید می‌نماید. مطالعات ایشان نشان داد که در بین منابع شیمیایی نیتروژن، کود اوره بیشترین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای را باعث می‌گردد. ایشان اظهار داشتند که فرآیند تولید کود اوره در کارخانه یکی از اصلی‌ترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای به‌وسیله این نهاده شیمیایی می‌باشد. در مزرعه نیز کود اوره و همچنین فسفر و پتاسیم با تمین بیشتر مواد غذایی منجر به فعالیت و در نتیجه تنفس بیشتر ریشه و ریز موجودات خاک شده و افزایش انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را باعث می‌گردد (Guillou et al., 2011). از طرفی، نقش اساسی نیتروژن در تولید N₂O ثابت شده است (Dalal et al., 2003).

بین سال‌های 1360 تا 1390، میزان کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه حدود 325% شده است (MAJ, 2012). بیش از 50 درصد نیتروژن استفاده شده از طریق آبشویی و تصعید از دسترس گیاه خارج می‌شود (Verge et al., 2003). دنیتریفیکاسیون کود نیتروژن استفاده شده، منبع اصلی انتشار N₂O از خاک می‌باشد (Dalal et al., 2003). ترشح مواد گیاهی از ریشه به‌عنوان منبع اصلی کربن برای ریزموجودات دخیل در دنیتریفیکاسیون بوده و افزایش این مواد باعث افزایش این فعالیت می‌شود (Maraseni & Cockfield, 2011). نتایج نشان داد که روند انتشار گازهای گلخانه‌ای در ذرت متفاوت

نتایج نشان داد که میزان انتشار کلیه گازهای گلخانه‌ای در شرایط استفاده از کود نیتروژن بالاتر از دیگر نهاده‌های شیمیایی بود. این به دلیل ضریب انتشار بالاتر نیتروژن (1/3 کیلوگرم CO₂ به ازای مصرف هر کیلوگرم کود نیتروژن) نسبت به فسفر، پتاسیم و آفت‌کش‌ها می‌باشد (Lal, 2004). لازم به ذکر است که این ضریب انتشار برای کود نیتروژن بیشتر مربوط به فرایند تثبیت و تولید نیتروژن در کارخانه می‌باشد (Snyder et al., 2009). چراکه فرایند تثبیت نیتروژن بسیار هزینه بر بوده و برای تولید این نهاده شیمیایی مستقیماً از سوخت فسیلی به‌عنوان منبع انرژی کارخانه استفاده می‌شود. کارل و همکاران (Kahrl et al., 2010) نیز میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از مصرف کود نیتروژن را در کشور چین مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که با افزایش مصرف کود شیمیایی نیتروژن و همچنین سطح زیر کشت، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای افزایش چشمگیری یافت. ایشان تاکید نمودند که کاهش مصرف کودهای شیمیایی یکی از مهمترین راهبردهای تخفیف¹ اثرات منفی تغییر اقلیم می‌باشد. رجبی و همکاران (Rajabi et al., 2012) و همچنین نیکخواه و همکاران (Nikkhah et al., 2014) نیز اظهار داشتند که کود شیمیایی نیتروژن یکی از مهمترین نهاده‌های دخیل در انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی می‌باشد. اسنیدر و همکاران (Snyder et al., 2009) انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از مدیریت منابع کودی مختلف را در نظام‌های تولید گیاهان زراعی مورد بررسی قرار دادند. ایشان تأکید

با گندم و جو بود. به‌طوری‌که در گندم و جو شهرستان بردسیر و در ذرت شهرستان‌های بم و کرمان بیشترین انتشار ناشی از مصرف کود نیتروژن را در سال نشان دادند. از آن‌جاکه شهرستان بردسیر جزء مناطق سردسیر استان کرمان و در عوض شهرستان‌های کرمان و بم جزء مناطق گرمسیر این استان می‌باشند، به‌نظر می‌رسد این موضوع باعث کاهش سطح زیر کشت ذرت در شهرستان بردسیر نسبت به بم و کرمان و به تبع آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای برای کشت ذرت در این استان شده است، ولی کشت و کار گندم و جو در بردسیر بالاتر از شهرستان‌های گرمسیر مانند بم و راور بود و این موضوع باعث انتشار بیشتر گازهای گلخانه‌ای در زراعت گندم و جو در بردسیر شد.

ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2014) بیان نمودند که کشت و کار غلات به دلیل استفاده زیاد از سوخت‌های فسیلی و نهاده‌های شیمیایی یکی از مهمترین منابع انتشار گازهای گلخانه‌ای در جهان می‌باشند. داتا و همکاران (Datta et al., 2013) نیز با بررسی تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر انتشار گاز گلخانه‌ایمتان در هند، اظهار داشتند که با افزایش هر کدام از این نهاده‌ها میزان انتشار گاز متان افزایش چشمگیری یافت. از بین این سه نهاده میزان انتشار در کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری با فسفر و پتاسیم داشت. یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2014a) با بررسی میزان انتشار گازهای گلخانه در تولید محصول چغندر قند گزارش نمودند که نقش کود نیتروژن در انتشار گازهای گلخانه‌ای بیش از سه برابر فسفر بود. همچنین، ایشان اظهار داشتند که میزان پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نیتروژن و فسفر به ترتیب حدود 1446 و 456 کیلوگرم در هکتار بود. دلیل بالا بودن میزان پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف نیتروژن در چغندر قند نسبت به غلات مورد بررسی در آزمایش حاضر، مصرف بیشتر کود شیمیایی نیتروژن در چغندر قند نسبت به غلات می‌باشد.

در بررسی پتانسیل گرمایش جهانی در سال برای شهرستان‌های مختلف استان کرمان در زراعت غلات مورد بررسی نیز، میزان این صفت از روندی مشابه با گازهای گلخانه‌ای برخوردار بود و بیشترین همبستگی را با سطح زیر کشت نشان داد. به‌طوری‌که، با افزایش سطح زیر کشت در شهرستان‌های مورد بررسی میزان پتانسیل گرمایش جهانی نیز افزایش یافت. در بررسی پتانسیل گرمایش جهانی در هکتار نیز به‌نظر می‌رسد در شهرستان‌هایی که ذرت بیشتری مورد

کشت و کار قرار می‌گرفت (جیرفت، بم و راور)، میزان این صفت در هکتار بالاتر از شهرستان‌های با سطح زیر کشت کمتر ذرت بود. این می‌تواند خود نشان‌دهنده بالا بودن پتانسیل گرمایش جهانی در ذرت به دلیل استفاده بالاتر از نهاده‌های شیمیایی خصوصاً نیتروژن باشد. نتایج جدول 1 خود به‌خوبی کاربرد بالاتر نهاده‌های شیمیایی در ذرت را نسبت به گندم و جو نشان می‌دهد. همانطور که در شکل 2 نیز مشاهده می‌شود، نیتروژن سهم بسیار زیادی در پتانسیل گرمایش جهانی دارا بود و مصرف بیشتر این نهاده در ذرت منجر به بالاتر بودن این صفت نسبت به دیگر غلات مورد بررسی شد. این موضوع خود باعث اختلاف در میزان پتانسیل گرمایش جهانی در سال (جدول 10) و هکتار (شکل 2) شده بود. نتایج مشابه در مطالعه یوسفی و همکاران (Yousefi et al., 2014b) مشاهده شد. در این تحقیق انتشار گازهای گلخانه‌ای و پتانسیل گرمایش جهانی برای تولید ذرت در استان کرمانشاه را مورد بررسی قرار گرفت. ایشان بیان نمودند که میزان انتشار برای کلیه گازهای گلخانه‌ای CO_2 ، N_2O و CH_4 در مصرف کود نیتروژن بیشتر از فسفر و آن هم بیشتر از پتاسیم بود. همچنین، در هر سه نهاده مصرفی، CO_2 بیشترین و N_2O کمترین میزان انتشار را دارا بودند. از طرفی، ایشان گزارش نمودند که پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف کود نیتروژن حدود سه برابر فسفر بود. پتاسیم نیز کمترین میزان پتانسیل گرمایش جهانی را شامل شد. همچنین، محمدی و همکاران (Mohammadi et al., 2014) میزان پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف کود شیمیایی نیتروژن را برای گندم، جو و ذرت به ترتیب حدود 75، 69 و 115 کیلوگرم در هکتار گزارش نمودند. در رابطه با مصرف فسفر و پتاسیم نیز، پتانسیل گرمایش جهانی در ذرت بیشتر از گندم و جو بود و جو کمترین میزان این صفت را دارا بود. همچنین، ایشان روند پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی را برای گندم، جو و ذرت مشابه با کودهای شیمیایی گزارش نمودند. خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2013) نیز تایید نمودند که در زراعت گندم، نقش کود شیمیایی نیتروژن در پتانسیل گرمایش جهانی بسیار بیشتر از فسفر و پتاسیم بوده و استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی سهم ناچیزی از این صفت را شامل می‌شوند.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که از بین نهاده‌های مصرفی، کود شیمیایی

گیاهی) و زیستی (ریزمووجودات تثبیت کننده نیتروژن) کودهای شیمیایی
استفاده از روش‌های اکولوژیک و زیستی در مدیریت آفات و
علف‌های هرز
استفاده از نظام‌های کشت مخلوط

سپاسگزاری

هزینه این پژوهش توسط معاونت محترم پژوهشی و فناوری
دانشگاه شهید باهنر کرمان تامین شده است که بدین‌وسیله
سپاسگزاری می‌شود.

نیتروژن مهمترین عامل انتشار گازهای گلخانه‌ای در زراعت غلات
می‌باشد. زراعت ذرت بیشتر از گندم و جو در پتانسیل گرمایش جهانی
نقش دارد. نیتروژن سهم بسیار زیادی در پتانسیل گرمایش جهانی دارا
بود و مصرف بیشتر این نهاده در ذرت منجر به بالاتر بودن این صفت
نسبت به دیگر غلات مورد بررسی شد. با توجه به تحقیق حاضر
می‌توان راهبردهای زیر را جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و
تخفیف اثرات منفی تغییر اقلیم در زراعت مورد توجه قرار داد:
بهبود کارایی مصرف نیتروژن با استفاده از تغییر در مقدار، نوع
و زمان مصرف این نهاده
استفاده از تناوب‌های مفید زراعی
استفاده از منابع آلی (کود دامی، کمپوست، کود سبز، بقایای

منابع

- Dalal, R.C., Wang, W., Robertson, P., and Parton, W.J. 2003. Nitrous oxide emission from Australian agriculture lands and mitigation options: a review. *Australian Journal of Soil Research* 41: 165–195.
- Datta, A., Santra, S.C., and Adhya, T.K. 2013. Effect of inorganic fertilizers (N, P, K) on methane emission from tropical rice field of India. *Atmospheric Environment* 66: 123-130.
- Guillou, C.L., Angers, D.A., Leterme, P., and Menasseri-Aubry, S. 2011. Differential and successive effects of residue quality and soil mineral N on water-stable aggregation during crop residue decomposition. *Soil Biology and Biochemistry* 43: 1955-1960.
- IPCC. 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* (Eds J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White) 1032 pp. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007. *Summary for Policy Makers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Kahrl, F., Li, Y., Su, Y., Tennigkeit, T., and Wilkes, A. 2010. Greenhouse gas emissions from nitrogen fertilizer use in China. *Environmental Science and Policy* 13: 688-694.
- Kerman Organization of Agriculture. 2014. <http://agrijahad.kr.ir/index.php?lang=en>. (Accessed August 2014)
- Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Yousefi, M., and Movahedi, M. 2013. Modeling of energy consumption and GHG (greenhouse gas) emissions in wheat production in Esfahan province of Iran using artificial neural networks. *Energy* 52: 333-338.
- Lal, R. 2004. Carbon emission from farm operations. *Environment International* 30(7): 981-990.
- Lichtfouse, E. 2009. *Climate Change, Intercropping, Pest Control and Beneficial Microorganisms*. Volume 2. Springer 524 p.
- MAJ (Ministry of Agriculture of the IR of Iran). Planning and Economics Department, Statistics Bank of Iranian Agriculture; <http://www.maj.ir>; 2012 (Accessed August 2014).
- Maraseni, T.N., and Cockfield, G. 2011. Does the adoption of zero tillage reduce greenhouse gas emissions? An assessment for the grains industry in Australia. *Agricultural Systems* 104: 451-458.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Jafari, A., Keyhani, A., Mousavi-Avval, S.H., and Nonhebel, S. 2014. Energy use efficiency and greenhouse gas emissions of farming systems in north Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 30: 724–733.
- Moradi, R., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2014. Adaptation of maize to climate change impacts in Iran. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 19: 1223-1238.
- Nikkhah A., Emadi, B., Shabaniyan, F., and Hamzeh Kalkonari, H. 2014. Evaluation of energy sensitivity and greenhouse gas Production of tea production in Guilan province. *Journal of Agroecology* 6(3): 622-633. (In Persian with English Summary)

- Ozkan, B., and Akcaoz, H. 2002. Impacts of climate factors on yields for selected crops in Turkey. Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change 7: 367-380.
- Rajabi, M.H., Soltani, A., Zeinali, E., and Soltani, E. 2012. Evaluation of greenhouse gas emission and global warming potential in wheat production in Gorgan, Iran. Electronic Journal of Crop Production 5(3): 23-44. (In Persian with English Summary)
- Robertson, G.P., Paul, E.A. and Harwood, R.R. 2000. Greenhouse gases in intensive agriculture: contributions of individual gases to the radiative forcing of the atmosphere. Science 289: 1922-1935.
- Rodhe, H. 1990. A comparison of the contribution of various gases to the greenhouse. Science 248: 1217-1219.
- Rosenzweig, C., and Tubiello, F.N. 2007. Adaptation and mitigation strategies in agriculture: an analysis of potential synergies. Mitigation and Adaptation Strategy for Global Change 12: 855-873.
- Salinger, M.J. 2005. Climate variability and change: past, present and future-an overview. Climate Change 70(1-2): 9-29.
- Snedecor, G.W., and Cochran, W.G. 1976. Statistical Methods, Seventh Ed. The Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agriculture, Ecosystems and Environment 133: 247-266.
- Thelen, K.D., Fronning, B.E., Kravchenko, A., Min, D.H., and Robertson, G.P. 2010. Integrating livestockmanure with a corn-soybean bioenergy cropping system improves short-term carbon sequestration rates and net global warming potential. Biomass Bioenergy 34: 960-966.
- Tziliakakis, J., Warner, D.J., May, M., Lewis, K.A., and Jaggard, K. 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet (*Beta vulgaris*) production in the UK. Agriculture systems 85: 101-119.
- Verge, X.P.C., Kimpe, C.D., and Desjardins, R.L. 2007. Agricultural production, greenhouse gas emissions and mitigation potential. Agricultural and Forest Meteorology 142: 255-269.
- Wolf, J., Adger, W., Lorenzoni, I., Abrahamson, V., and Raine, R. 2010 Social capital, individual responses to heat waves and climate change adaptation: An empirical study of two UK cities. Global Environmental Change 20: 44-52.
- Yao, Z., Zheng, X., Xie, B., Mei, B., Wang, R., Butterbach-Bahl, K., Zhu, J., and Yin, R. 2009. Tillage and crop residue management significantly affects N-trace gas emissions during the non-rice season of a subtropical rice-wheat rotation. Soil Biology and Biochemistry 41: 2131-2140.
- Yousefi, M., Khorramivafa, M., and Mondani, F. 2014a. Integrated evaluation of energy use, greenhouse gas emissions and global warming potential for sugar beet (*Beta vulgaris*) agroecosystems in Iran. Atmospheric Environment 92: 501-505.
- Yousefi, M., Mahdavi Damghani, A., and Khoramivafa, M. 2014b. Energy consumption, greenhouse gas emissions and assessment of sustainability index in corn agroecosystems of Iran. Science of the Total Environment 493: 330-335.
- Zhang, Y., Li, Z., Feng, J., Zhang, X., Jiang, Y., Mingqian, J.C., Deng, A., and Zhang, W. 2014. Differences in CH₄ and N₂O emissions between rice nurseries in Chinese major rice cropping areas. Atmospheric Environment 96: 220-228.



Greenhouse Gases Emission and Global Warming Potential as Affected by Chemicals Inputs for Main Cultivated Crops in Kerman Province: I- Cereal

R. Moradi^{1*} and N. Pourghasemian¹

Submitted: 06-12-2014

Accepted: 12-06-2015

Moradi, R., and Pourghasemian, N. 2017. Greenhouse gases emission and global warming potential as affected by chemicals inputs for main cultivated crops in Kerman province: I- Cereal. *Journal of Agroecology* 9(2):389-405.

Introduction

Agriculture is a major consumer of chemical resources. Increasing use of the inputs in agriculture has led to numerous environmental problems such as high consumption of nonrenewable energy resources, loss of biodiversity and pollution of the aquatic environment. This environmental change will have the serious impacts on different growth and development processes of crops. The latest report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) states that future emissions of greenhouse gases (GHGs) will continue to increase and cause to climatic change. This condition is also true for Iran. The three greenhouse gases associated with agriculture are carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and nitrous oxide (N₂O). Consistent with the development of agricultural production systems and move towards modernization in this sector increased dependence of the chemical resource. There is even less data on CO₂, N₂O, and CH₄ gas emission analysis as affected by cultivating various crops in Kerman province. Therefore, this study was conducted to assess the greenhouse gases (GHGs) emission and global warming potential (GWP) caused by chemical inputs (various chemical fertilizers and pesticides) for cultivating wheat, barley and maize in some regions of Kerman province at 2011-2012 growth season.

Materials and methods

The study was conducted in Kerman province of Iran. Information about planting area of potato, onion and watermelon in various regions of Kerman was collected. Data were collected from potato, onion and watermelon growers by using a face to face questionnaire in 2014 for different regions of Kerman. In addition to the data obtained by surveys, previous studies of related organization (Agricultural Ministry of Kerman) were also utilized during the study. The application rates of the chemical inputs were collected by using a face-to-face questionnaire in various regions (Bardsir, Bam, Jiroft, Kerman, Ravar, Rafsanjan and Sirjan) of Kerman province. The amounts of GHG emissions from chemical inputs in the studied crops were calculated by using CO₂, N₂O and CH₄ emissions coefficient of chemical inputs. Each greenhouse gas, i.e. CO₂, CH₄ and N₂O has a GWP, which is the warming influence relative to that of CO₂. The emission was measured in terms of CO₂. The GWP coefficient based on CO₂ is shown in Table 1.

Results and Discussion

The results showed that N and P fertilizers had the highest application share of chemical inputs. Maize had the significant different with wheat and barley based on N application per hectare. P application for maize and wheat was about 58 and 28% more than barley.

In all conditions, CO₂ was obtained extremely higher emission rather than N₂O and CH₄. This issue was due to the highest coefficient emission of CO₂ compared to N₂O and CH₄. Due to higher usage value and coefficient emission of N fertilizer, GHGs emission for N fertilizer was higher than the other inputs in all three crops and all the regions. The pesticide inputs had lower GHGs emission in comparison with chemical fertilizers. The highest emission of CO₂, N₂O and CH₄ was gained for wheat followed by maize, and barley had the lowest value. Jiroft and Rafsanjan were obtained the highest and lowest GHGs emission through the studied regions, respectively.

1- Associate Professor, Department of Plant Productions, Agricultural Faculty of Bardsir, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

(*- Corresponding author Email: r.moradi@uk.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.42033

Higher GHGs emission in Jiroft was due to the higher planting area compared with the others regions. Annual GWP in studied regions and cereals had the same trend with GHGs emission, whereas, the highest and lowest values of GWP per hectare were related to Jiroft and Sirjan, respectively. The GWP in maize (504 t.ha^{-1}) was higher than wheat (404 t.ha^{-1}) and barley (431 t.ha^{-1}). Among the chemical inputs, N fertilizer brought about 87% of GWP.

Conclusion

Generally, the results showed that nitrogen fertilizer is the most important factor in greenhouse gas emissions in cereal. Corn cultivation has more share than wheat and barley in the global warming potential. According to this research, the following strategies can be considered for reducing greenhouse gas emissions:

- Improvement of the nitrogen use efficiency
- Use of crop rotations
- Use of organic (manure, compost, green manure, plant debris) and bio (nitrogen fixation microcrystalline) resources than chemical fertilizers
- Use of ecological and biological methods for pest and weed management
- Use of intercropping systems

Keywords: Climate change, Coefficient emission, Pesticide, Urea, Wheat



بررسی توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و گیاهان پوششی در شرایط رقابت با علف‌های هرز

زینب شیرزادی مرگاو¹، فائزه زعفریان^{2*} و میلاد باقری شیروان³

تاریخ دریافت: 1394/09/17

تاریخ پذیرش: 1395/02/15

شیرزادی مرگاو، ز، زعفریان، ف، و باقری شیروان، م. 1396. بررسی توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک ریحان، گاوزبان اروپایی و گیاهان پوششی در شرایط رقابت با علف‌های هرز. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 406-420.

چکیده

نحوه توزیع سطح برگ و ماده خشک از فاکتورهای مؤثر بر میزان جذب تشعشع، تبخیر و تعرق کانوپی و در نهایت تجمع ماده خشک و عملکرد دانه در گیاهان محسوب می‌شود. به منظور بررسی توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) و در رقابت با علف‌های هرز تحت تیمارهای گیاهان پوششی، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال 1392 اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کاشت گیاهان پوششی ماش (*Vigna radiata* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) در بین ردیف‌های ریحان و گاوزبان اروپایی بود، علاوه بر این دو تیمار کاشت خالص ریحان و گاوزبان اروپایی در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز در هر تکرار منظور شد. ارزیابی سطح برگ و ماده خشک هر یک از گیاهان در لایه‌های مختلف کانوپی (0-20، 20-40، 40-60، 60-80، 80-100، 100-120 و 120-140 سانتی‌متر)، در 75 روز بعد از کاشت انجام گرفت. نتایج نشان داد که توزیع عمودی سطح برگ ریحان در همه تیمارها به جز حضور علف‌های هرز به بالاترین لایه کانوپی یعنی 40-60 سانتی‌متر محدود گردید. در حالی که توزیع عمودی ماده خشک در کانوپی ریحان در شرایط حذف علف‌های هرز در همه لایه‌های کانوپی حفظ گردید. همچنین عدم حضور رقیب در مجاورت گاوزبان اروپایی موجب اختصاص سطح برگ و ماده خشک به هر سه لایه کانوپی گردید. مطالعه توزیع عمودی درصد سطح برگ و ماده خشک در گیاهان پوششی حاکی از آن بود که شبدر و ماش در مجاورت ریحان از یکنواختی توزیع در بین تمامی لایه‌ها برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: ساختار کانوپی، شبدر ایرانی، کشت خالص، ماش

مقدمه

شیمیایی افزایش یافت (Carruba et al., 2002). ریحان (*Ocimum basilicum* L.) و گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) از جمله گیاهان دارویی هستند که در طب سنتی به وفور مورد استفاده قرار می‌گرفته‌اند (Dadvand sarab et al., 2008; Shams et al., 2009) و امروزه نیز از جایگاه ویژه‌ای در تولید فرآورده‌های دارویی و بهداشتی برخوردار هستند.

علف‌های هرز در رقابت برای نور از دو راهبرد استفاده می‌کنند. یکی از آن‌ها قرار دادن برگ‌ها در بالای گیاه رقیب و دیگری توزیع عمودی سطح برگ درون کانوپی می‌باشد (Rajcan et al., 2002).

از اواسط قرن بیستم و به دنبال مشخص شدن پیامدهای منفی ناشی از مصرف داروهای شیمیایی، در بسیاری از موارد، تمایل به استفاده از گیاهان دارویی به عنوان جایگزین مناسب برای داروهای

1، 2 و 3- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، استادیار، گروه زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری و دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد (* - نویسنده مسئول: Email: fa_zaefarian@yahoo.com DOI: 10.22067/jag.v9i2.52067

گیاه زراعی و علف هرز به ویژه ارتفاع گیاه، تعیین کننده رقابت برای نور بوده و عامل مؤثر بر عملکرد گیاه زراعی به شمار می‌رود. نتایج بررسی رقابت بین گاوپنبه (*Abutilon theophrasti* Medic.) و هیبریدهای مختلف سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) نشان داد که در حضور این علف هرز، هیبریدهای دارای ارتفاع بیشتر، قدرت رقابتی بالاتری داشتند (Traore et al., 2003). رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2005) گزارش کردند که زمان ظهور و تراکم تاج خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) روی سطح برگ و توزیع ماده خشک در طبقات مختلف کانوپی ذرت (*Zea mays* L.) تأثیر معنی‌داری داشت، به طوری که با تأخیر در زمان سبز شدن تاج خروس سطح برگ و ماده خشک بیشتری به طبقات بالایی کانوپی به ویژه لایه 120-80 سانتی‌متری اختصاص یافت. آنان اظهار داشتند که سطح برگ در لایه‌های پایین‌تر از 80 سانتی‌متری کاهش بیشتری نسبت به لایه‌های بالای 80 سانتی‌متری کانوپی ذرت نشان داد و نیز لایه‌های 120-160 و بالاتر از 160 سانتی‌متر کمترین کاهش را نسبت به شاهد نشان دادند. آنان علت این پدیده را کاهش نور رسیده به لایه‌های پایین‌تر کانوپی و اختصاص کمتر ماده خشک و در نتیجه کمتر شدن سطح برگ در این لایه‌ها ذکر نمودند (Rahimi et al., 2005). از طرفی دیگر نتایج برخی تحقیقات مؤید تأثیر چشمگیر افزایش شاخص سطح برگ گیاه زراعی بر کاهش کیفیت و کمیت نور رسیده به علف‌های هرز موجود در لایه‌های پایین کانوپی می‌باشد که در پی آن از رشد و نمو و استقرار گروه‌های بعدی علف‌های هرز ممانعت به عمل می‌آید (Teasdale, 1995).

نتایج تحقیق زعفریان (Zaefarian, 2009) نشان داد که ذرت و سویا در رقابت با علف هرز تاج خروس و تاتوره (*Datura stramonium* L.) بیشتر برگ‌های خود را به لایه‌های بالایی اختصاص دادند. تاتوره درصد بیشتری از ماده خشک خود را به بالاترین ارتفاع انتقال داد که این میزان زیست توده به دلیل تشکیل برگ بود. اما تاج خروس در رقابت، سطح برگ خود را در لایه‌های مختلف کانوپی توزیع نمود. این نوع راهبردهای گیاهان جهت دریافت نور را راجکان و سوانتون (Rajcan & Swanton, 2001) نیز تأیید کردند.

گاوپنبه برگ‌های خود را نزدیک بالای کانوپی سویا قرار می‌دهد و شاخه‌دهی ساقه اصلی در قسمت بالایی کانوپی صورت می‌گیرد. سایه‌اندازی برگ‌های بالایی تاتوره و گاوپنبه می‌تواند به عنوان عامل

تغییرات مورفولوژیک برای اجتناب از سایه (تولید برگ‌های نازک، میانگره‌های بلندتر، ساقه قوی‌تر، نسبت کمتر وزن خشک برگ به ساقه، نسبت کمتر وزن خشک ریشه به ساقه) نقش مهمی در سازگاری و بقاء گیاه در شرایط رقابت برای نور به‌عهده دارند (Rajcan & Swanton, 2001).

یکی از عوامل تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت گیاهان دارویی، علف‌های هرز هستند. از این‌رو، استفاده از گیاهان پوششی با توجه به نقش مهمی که در رسیدن به اهداف کشاورزی پایدار، حفظ و بهره‌وری از منابع خاک و حفظ کیفیت زیست محیطی ایفا می‌نماید (Reicosky & Forcella, 1998)، می‌تواند جایگزین مناسبی به جای روش‌های متداول مدیریت علف‌های هرز باشد. استفاده از گیاهان خانواده لگوم به عنوان گیاه پوششی علاوه بر ایجاد رقابت در مقابل علف‌های هرز، افزایش کارایی و محتوای نیتروژن خاک را نیز در پی داشته و از پتانسیل سودآوری بیشتری در مقایسه با سایر گیاهان پوششی برخوردار است (Baldwin & Creamer, 2006).

کانوپی گیاهی، آرایش فضایی اندام‌های هوایی در یک جمعیت گیاهی می‌باشد. در کانوپی گیاهی، برگ‌ها وظیفه جذب تشعشع و تبادلات گازی با محیط خارج را بر عهده دارند و ساقه و شاخه‌ها نیز به نحوی اندام‌های فتوسنتز کننده را آرایش می‌دهند که تبادلات گازی و توزیع نور به بهترین نحو صورت گیرد. تأثیر ساختمان کانوپی بر تبادلات گازی و جذب تشعشع در جوامع گیاهی باعث شده است که مطالعه دقیق کانوپی از اهمیت بیشتری برخوردار شود (Zand et al., 2003). در مطالعه ساختمان کانوپی گیاهان، خصوصیات متعددی مانند توزیع عمودی سطح برگ، زاویه برگ، توزیع عمودی تشعشع فعال فتوسنتزی، نیتروژن ویژه سطح برگ، توزیع عمودی ماده خشک و وزن مخصوص برگ مورد مطالعه قرار می‌گیرند. مهم‌ترین ویژگی‌های کانوپی گیاهی در زمینه رقابت برای نور عبارتند از شاخص سطح برگ کانوپی، ارتفاع، میزان توسعه سطح برگ و میزان پراکنش کانوپی که این موارد را می‌توان توسط عملیات زراعی مانند تنظیم تراکم و فواصل ردیف (Sinoquet & Caldwell, 1995) و یا توسط اصلاح نبات (Lindquist & Mortensen, 1998) ارتقاء داد. کوزنس و همکاران (Cousens et al., 1991) بیان داشتند که افزایش تراکم، در اثر تداخل علف‌هرز با گیاه زراعی موجب رقابت برای نور و کاهش نور مؤثر در فتوسنتز گیاه مغلوب شده و سایر عوامل رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد، در این میان آرایش کانوپی

پوششی در شرایط رقابت با علف‌های هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در مزرعه آموزشی - پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری با عرض جغرافیایی 34 درجه و 33 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 52 درجه و 6 دقیقه شرقی و ارتفاع 54 متر از سطح دریا در سال 1392 اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کاشت ماش (*Vigna radiate* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) به طور جداگانه در بین ردیف‌های ریحان، کاشت ماش و شبدر ایرانی به طور جداگانه در بین ردیف‌های گاوزبان اروپایی بود. مشخصات گیاهان دارویی و پوششی در جدول 1 درج شده است.

کاهش عملکرد با ایجاد تداخل در نظر گرفته شود. به دلیل تشابه در ارتفاع و ساختار کانوبی، گاوپنبه و سویا می‌توانند بر سیر منابع مشترک با هم رقابت کند (Regnier & Stoller, 1989).

تاکنون مطالعاتی روی تأثیر رقابت علف‌های هرز بر ساختار تاج‌پوشش گیاهان زراعی مانند سویا (Samaey et al., 2006)، ذرت (Yaghoobi et al., 2009)، نخود (*Cicer arietinum* L.) (Mohammadi et al., 2004) و گندم (*Triticum aestivum* L.) (Dianat et al., 2005) انجام شده است ولی تأثیر رقابت گیاهان دارویی ریحان و گاوزبان - علف‌هرز بر ساختار تاج‌پوشش آن‌ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. این در حالی است که تغییرات ارتفاع بوته و روند توزیع ماده خشک در اندام‌های رویشی و زایشی علف‌های هرز تأثیر به‌سزایی بر رقابت نور با گیاهان زراعی دارد، لذا با توجه به اهمیت ساختار کانوبی، این تحقیق به منظور بررسی توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک ریحان، گاوزبان اروپایی و گیاهان

جدول 1- مشخصات گیاهی گیاهان دارویی و گیاهان پوششی

Table 1- Plants characteristics of medicinal plants and cover crops

نام گیاه Plant name	ارتفاع (سانتی‌متر) Height (cm)	فاصله بین ردیف (سانتی‌متر) Distance between rows (cm)	فاصله روی ردیف (سانتی‌متر) Distance on the row (cm)	طول دوره رشد (روز) Growth duration (days)
ریحان Sweet basil	15 - 45	15	30-40	170-180
گاوزبان اروپایی Borage	60 - 75	45-60	15 - 20	90-100
شبدر ایرانی Persian clover	30 - 70	20 - 40	یکنواخت Uniforms	240-270
ماش Mung bean	45 - 90	50	10 - 12	75-90

تا چهار برگی به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر تنک شدند. تراکم مورد نظر برای ریحان تعداد 40 بوته در متر مربع و برای گاوزبان اروپایی 10 بوته در متر مربع و برای هر یک از گیاهان پوششی 150 بوته در یک متر مربع بود. آبیاری کرت‌ها به فاصله هر ده روز یک‌بار انجام پذیرفت. به غیر از تیمارهای کشت خالص عاری از علف‌هرز در سایر تیمارها هیچ‌گونه عملیات مبارزه با علف‌های هرز صورت نگرفت. علف‌های هرز غالب موجود در کرت‌ها عبارت بودند از: گاوپنبه، دم‌روباهی (*Setaria glauca* L.)، تاج‌خروس ریشه قرمز (*Amaranthus retroflexus* L.) و قیاق (*Sorghum halepense* L.).

علاوه بر این، به منظور بررسی کارایی گیاهان پوششی در کنترل علف‌های هرز، دو تیمار کشت خالص هر یک از گیاهان ریحان و گاوزبان اروپایی در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز نیز در هر تکرار در نظر گرفته شد. کاشت گیاهان در نیمه اول خرداد ماه در کرت‌هایی به مساحت نه متر مربع به صورت دستی انجام شد. هر کرت شامل پنج ردیف گیاه دارویی با فاصله 50 سانتی‌متر بود. در کرت‌های شامل گیاهان پوششی، در مجموع شش ردیف ماش و شبدر ایرانی در بین ردیف‌های ریحان و گاوزبان اروپایی کشت گردید. فاصله روی ردیف برای ریحان، گاوزبان اروپایی و گیاهان پوششی به ترتیب 5، 20 و 2 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. گیاهان در مرحله سه

کانوپی از دلایل پیری زودرس و ریزش برگ‌های این لایه‌هاست. به طور کلی، در هنگام رقابت شدید، برگ‌ها با سرعت بیشتری پیر می‌شوند (Rezvani et al., 2010). در واقع گیاهانی که سطح برگ خود را به لایه‌های بالاتر کانوپی انتقال می‌دهند، می‌توانند از طریق جلوگیری از نفوذ نور به لایه‌های پایین‌تر توانایی رقابتی خود را افزایش دهند (Safahani Langerodi et al., 2008). رضوانی و همکاران (Rezvani et al., 2010) در بررسی ساختار کانوپی سویا تحت رقابت علف‌های هرز اظهار داشتند که افزایش رقابت با علف‌های هرز موجب انتقال سطح برگ سویا به لایه‌های بالاتر کانوپی می‌گردد. این درحالی است که احمدوند و همکاران (Ahmadvand et al., 2005) در بررسی رقابت گندم و یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* Durieu) در مرحله آغاز بسته شدن کانوپی، سهم شاخص سطح برگ گندم در لایه بالایی در همه سطوح رقابت را کمتر از لایه پایینی گزارش کردند، اما در یولاف عکس این حالت مشاهده شده است.

گاوزبان اروپایی

مطالعه توزیع عمودی سطح برگ گاوزبان اروپایی نشان داد که گاوزبان در حضور شبدر بیشترین درصد سطح برگ (89/93 درصد) خود را به لایه ابتدایی کانوپی اختصاص داده بود (شکل 2). این درحالی بود که حضور ماش باعث اختصاص 100 درصدی سطح برگ گاوزبان به لایه 20-40 سانتی‌متری کانوپی گردید (شکل 2). وجین علف‌های هرز و عدم حضور رقیب در کانوپی گاوزبان باعث اختصاص سطح برگ به سه لایه کانوپی گاوزبان گردید، با این حال، لایه ابتدایی بیشترین سهم از سطح برگ کل را به خود اختصاص داده بود (شکل 2). در تیمار تداخل علف‌های هرز بدون حضور گیاهان پوششی بیشترین تمرکز سطح برگ مربوط به لایه 20-40 سانتی‌متر بود، به طوری که گاوزبان 66 درصد از سطح برگ کل خود را در این لایه متمرکز کرده بود (شکل 2). سایه‌اندازی و کاهش نور قابل دسترس در لایه‌های ابتدایی کانوپی از دلایل پیری زودرس و ریزش برگ‌های این لایه‌هاست. عدم حضور علف‌های هرز موجب تولید سطح برگ بیشتری در گاوزبان گردید (جدول 3). به طور کلی، در هنگام رقابت شدید، برگ‌ها با سرعت بیشتری پیر می‌شوند (Rezvani et al., 2010). در این مطالعه، فقط تیمار وجین علف‌های هرز و عدم حضور رقیب در کانوپی گاوزبان باعث اختصاص سطح برگ به سه لایه

بررسی توزیع عمودی سطح برگ و ماده خشک لایه‌های مختلف کانوپی در گاوزبان اروپایی، ریحان، گیاهان پوششی و علف‌های هرز طی یک مرحله نمونه‌برداری در 75 روز بعد از کاشت انجام شد. برای این منظور بوته‌ها در مزرعه از طریق قرار دادن مقوای مدرج به لایه‌های 20 سانتی‌متری تقسیم و برگ و ساقه هر لایه به طور مجزا داخل نایلون‌های پلاستیکی قرار داده شدند (Mosier & Oliver, 1995). سطح برگ هر لایه در آزمایشگاه با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (LI-COR, Model LI-3100 AREA METER) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های برگ و ساقه به منظور اندازه‌گیری ماده خشک در آون با درجه حرارت 70 درجه سانتی‌گراد به مدت 48 ساعت خشک و سپس توزین شدند.

آنالیز واریانس توسط نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) انجام گرفت. به منظور مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار¹ (LSD) استفاده شد. برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

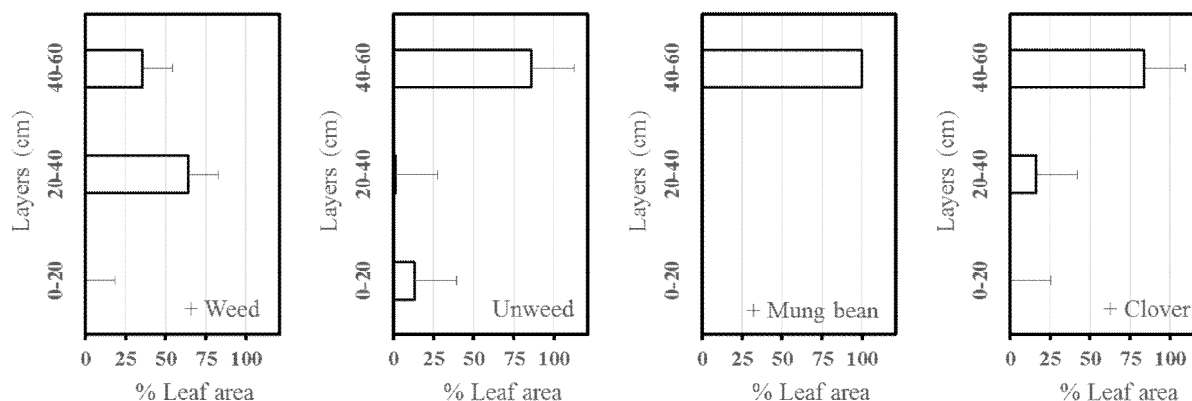
توزیع عمودی سطح برگ

ریحان

بررسی توزیع عمودی سطح برگ ریحان نشان داد که سطح برگ این گیاه در حضور شبدر در دو لایه 20-40 و 40-60 سانتی‌متری متمرکز شد و بیشترین درصد سطح برگ ریحان در حضور این گیاه پوششی مربوط به لایه 40-60 سانتی‌متری کانوپی بود (شکل 1). این درحالی بود که کاشت ماش در کانوپی ریحان باعث تمرکز 100 درصدی سطح برگ ریحان در لایه 40-60 سانتی‌متری گردید (شکل 1). در شرایط وجین علف‌های هرز و عدم حضور گیاهان پوششی نیز بیشترین درصد سطح برگ ریحان مربوط به لایه 40-60 سانتی‌متر بود، با این تفاوت که در این تیمار گیاه ریحان برگ‌های پایین کانوپی را نیز حفظ کرده بود (شکل 1). تداخل علف‌های هرز در شرایط غیاب گیاهان پوششی افزایش سهم لایه 20-40 سانتی‌متر کانوپی ریحان را در مقایسه با سایر لایه‌ها به دنبال داشت (جدول 2)، به طوری که 64/17 درصد از سطح برگ ریحان در این لایه متمرکز شده بود (شکل 1). سایه‌اندازی و کاهش نور قابل دسترس در لایه‌های ابتدایی

1- Least significant difference

کانوبی گاوزبان گردید (شکل 2).



شکل 1- توزیع عمودی سطح برگ ریحان در حضور شبدر ایرانی، ماش، حذف علف‌های هرز و تداخل علف‌های هرز بارهای نمایش داده شده مربوط به خطای استاندارد است.

Fig. 1- Vertical distribution of sweet basil leaf area in presence of clover, mung bean, weeding and no weed control
Vertical bars represent Standard error of the means.

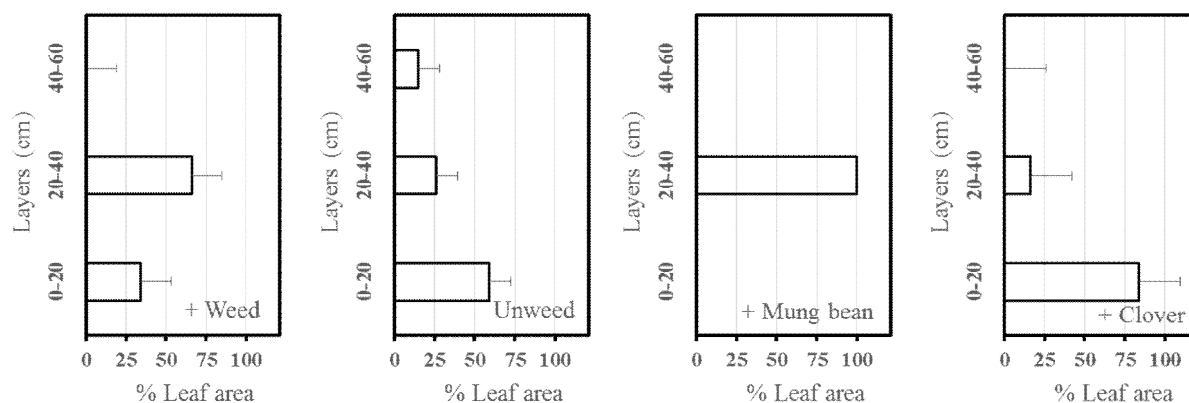
جدول 2- مقایسه میانگین تأثیر حضور علف‌هرز و گیاهان پوششی بر مقدار سطح برگ در ریحان

Table 2- Mean comparison of the effect of presence of weed and cover crops on sweet basil leaf area

لایه‌ها (سانتی‌متر) Layers (cm)	شبدر (سانتی‌متر مربع) Clover (cm ²)	ماش (سانتی‌متر مربع) Mung bean (cm ²)	حذف علف‌های هرز (سانتی‌متر مربع) Unweed (cm ²)	حضور علف‌های هرز (سانتی‌متر مربع) Weedy (cm ²)
0-20	0 ^{b*}	0 ^b	4.173333 ^{ab}	0 ^b
20-40	3.556667 ^b	0 ^b	0.343333 ^b	23.59333 ^a
40-60	18.33 ^a	36.70667 ^a	27.95 ^a	13.17333 ^a
کل Total	21.88667	36.70667	32.46667	36.76667

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح پنج درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.



شکل 2- توزیع عمودی سطح برگ گاوزبان اروپایی در حضور شبدر ایرانی، ماش، حذف علف‌های هرز و تداخل علف‌های هرز بارهای نمایش داده شده مربوط به خطای استاندارد است.

Fig. 2- Vertical distribution of borage leaf area in presence of clover, mung bean, weeding and no weed control
Vertical bars represent Standard error of the means.

جدول 3- مقایسه میانگین تأثیر حضور علف هرز و گیاهان پوششی بر مقدار سطح برگ گاوزبان اروپایی

Table 3- Mean comparison of the effect of presence of weed and cover crops on borage leaf area

حضور علف‌های هرز (سانتی‌متر مربع)	حذف علف‌های هرز (سانتی‌متر مربع)	ماش (سانتی‌متر مربع)	شبدر (سانتی‌متر مربع)	لایه‌ها (سانتی‌متر)
Weedy (cm ²)	Unweed (cm ²)	Mung bean (cm ²)	Clover (cm ²)	Layers (cm)
11.11333 ^{ab}	98.52 ^a	0 ^b	48.87 ^{a*}	0-20
21.57667 ^a	43.39333 ^{ab}	26.03333 ^a	9.356667 ^b	20-40
0 ^b	24.42 ^b	0 ^b	0 ^b	40-60
32.69	166.3333	26.03333	58.22667	کل Total

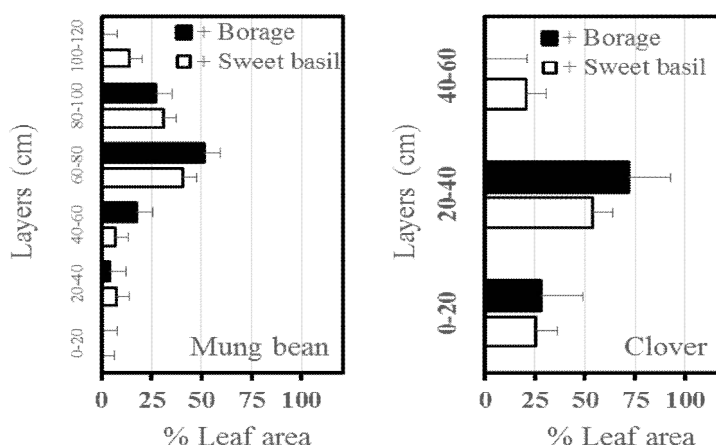
*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح پنج درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

گیاهان پوششی

مطالعه توزیع عمودی درصد سطح برگ گیاهان پوششی حاکی از آن بود که شبدر در حضور گاوزبان در مقایسه با ریحان سطح برگ بیشتری را در لایه‌های ابتدایی و میانی متمرکز کرده بود (شکل 3). در مقابل ریحان باعث اختصاص سطح برگ به یک لایه بالاتر در کانوپی شبدر گردید (شکل 3). به طوری که شبدر در حضور ریحان 20/6 درصد از سطح برگ خود را به لایه 40-60 سانتی‌متر کانوپی اختصاص داده بود (شکل 3).

در خصوص ماش نیز در لایه‌های مختلف به غیر از لایه 20-40 و 80-100 سانتی‌متر، سطح برگ ماش از مقادیر بالاتری در مجاورت



شکل 3- توزیع عمودی سطح برگ شبدر و ماش در حضور گاوزبان اروپایی و ریحان

بارهای نمایش داده شده مربوط به خطای استاندارد است.

Fig. 3- Vertical distribution of persian clover and mung bean leaf area in presence of borage and sweet basil
Vertical bars represent Standard error of the means.

علف‌های هرز

شبدر در مقایسه با ماش از قدرت رقابتی کمتری در مقابل علف-

های هرز ریحان برخوردار بود به طوری که سطح برگ دمروباهی و قیاق در بیشتر لایه‌های کانوپی مشاهده شد (جدول 4). گاوپنبه در

حضور شبدر تمام سطح برگ خود را به لایه‌های انتهایی کانوپی اختصاص داده بود اما در حضور گیاه پوششی ماش نتوانست رشد کند (جدول 4). این در حالی بود که تمام سطح برگ تاج خروس در حضور شبدر در لایه 40-60 سانتی‌متر متمرکز شده بود (جدول 4). در خصوص ماش، توزیع کمتری از سطح برگ علف‌های هرز

مشاهده شد (جدول 4). حضور ماش در مقایسه با شبدر و به خصوص شرایط عدم حضور گیاهان پوششی از قدرت بالاتری در کاهش سطح برگ علف‌های هرز برخوردار بود و تنها قیاق و تاج خروس بودند که توانستند تاحدی رشد کنند (جدول 4).

جدول 4- توزیع عمودی درصد سطح برگ علف‌های هرز در کانوپی ریحان
Table 4- Vertical distribution of weeds leaf area in neighborig with sweet basil

لایه (سانتی‌متر) Layer (cm)	حضور گیاهان پوششی Presence of cover crops								بدون گیاه پوششی Cover crop free			
	شبدر ایرانی Persian clover				ماش Mung bean							
	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed
0-20	36.67 ^{a*}	24.77 ^b	0 ^b	0 ^b	100 ^a	3.13 ^c	0 ^a	0 ^c	51.4 ^a	4.59 ^{cd}	0 ^b	0 ^d
20-40	15.23 ^b	17.69 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^a	0 ^c	48.6 ^a	5.95 ^{cd}	0 ^b	15.34 ^c
40-60	7.53 ^c	57.54 ^a	0 ^b	100 ^a	0 ^b	30.66 ^{ab}	0 ^a	0 ^c	0 ^b	9.48 ^c	0 ^b	26.87 ^b
60-80	2.48 ^{cd}	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	66.22 ^a	0 ^a	0 ^c	0 ^b	45.32 ^a	100 ^a	57.78 ^a
80-100	38.08 ^a	0 ^c	0 ^b	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^a	63.81 ^a	0 ^b	32.9 ^b	0 ^b	0 ^d
100-120	0 ^d	0 ^c	45.27 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^a	36.19 ^b	0 ^b	1.75 ^d	0 ^b	0 ^d
120-140	0 ^d	0 ^c	54.73 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^c	0 ^a	0 ^c	0 ^b	0 ^d	0 ^b	0 ^d

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح پنج درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % probability level.

توزیع عمودی ماده خشک ریحان

بررسی توزیع عمودی ماده خشک ریحان نشان داد که بیشترین درصد ماده خشک ریحان در مجاورت با شبدر مربوط به لایه 0-20 سانتی‌متری کانوپی بود (شکل 4). حضور گیاهان پوششی شبدر و ماش موجب تخصیص ماده خشک کانوپی به سه لایه ابتدایی گردید، این در حالی بود که شرایط حذف علف‌های هرز، موجب افزایش توزیع ماده خشک ریحان به لایه‌های 60-80 و 80-100 سانتی‌متر کانوپی گردید (شکل 4). به‌طوری‌که بیشترین درصد ماده خشک (34/78 درصد) متمرکز شده در لایه 60-80 سانتی‌متر کانوپی بود (شکل 4). ریحان در شرایط حذف رقابت با علف‌های هرز از توانایی بالاتری در حفظ ماده خشک خود در لایه‌های مختلف کانوپی در مقایسه با شرایط حضور گیاهان پوششی برخوردار بود (شکل 4 و جدول 6). سعادتیان و همکاران (Saadatian et al., 2011) نیز افزایش لایه ابتدایی کانوپی گندم را با افزایش تراکم علف‌های هرز چاودار

این شرایط در خصوص کانوپی گاوزبان نیز مشاهده شد. کانوپی گاوزبان به همراه قدرت رقابتی بالای ماش علاوه بر گاوپنبه عدم حضور تاج خروس را نیز در پی داشت (جدول 5). عدم استفاده از گیاهان پوششی افزایش ارتفاع علف‌های هرز را در پی داشت. یوچینو و همکاران (Uchino et al., 2012) نیز در مطالعه امکان سرکوب علف‌های هرز ذرت توسط گیاهان پوششی، بیشترین مجموع سطح برگ علف‌های هرز را در تیمارهای عدم کاربرد گیاهان پوششی گزارش کردند. در کانوپی ریحان و گاوزبان اروپایی سایه‌اندازی ماش بر علف‌های هرز و احتمالاً تسریع روند پیری و ریزش برگ‌ها موجب افزایش غیریکنواختی در توزیع عمودی سطح برگ علف‌های هرز گردید (جدول‌های 4 و 5). علف‌هرز در رقابت برای نور از دو راهبرد استفاده می‌کنند. یکی از آن‌ها قرار دادن برگ‌ها در بالای گیاه رقیب و دیگری توزیع عمودی سطح برگ درون کانوپی می‌باشد (Rajcan & Swanton, 2001).

حضور شبدر و شرایط وجین کامل علف‌های هرز باعث تخصیص ماده خشک به هر سه لایه کانوپی گاوزبان اروپایی گردید (شکل 5). این در حالی بود که تراکم ماده خشک گاوزبان اروپایی در مجاورت ماش و تداخل علف‌های هرز در لایه‌های 0-20 و 20-40 سانتی‌متر مشاهده شد (شکل 5). رضوانی و همکارانش (Rezvani et al., 2010) در بررسی ساختار کانوپی سویا در رقابت با علف‌های هرز مشاهده نمودند که رقابت باعث انتقال ماده خشک به لایه‌های بالاتر کانوپی می‌شود، که دلیل اصلی این الگوی توزیع، رقابت برای جذب نور می‌باشد.

(*Secale cereale* L.) و خردل وحشی گزارش نموده‌اند. درحالی‌که در بررسی رقابت گندم با یولاف در آغاز بسته شدن کانوپی نیز، با افزایش تراکم یولاف، کاهش سهم لایه‌های پایینی و افزایش سهم لایه‌های بالایی گندم و یولاف گزارش شده است، میزان این افزایش در لایه‌های بالایی یولاف بیشتر از گندم بیان شده است (Ahmadvand et al., 2005).

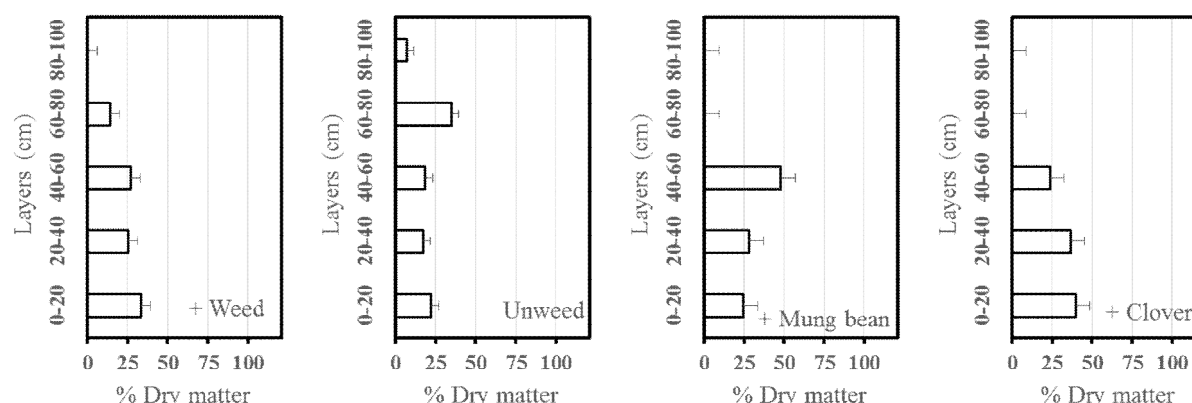
گاوزبان اروپایی

مطالعه توزیع عمودی ماده خشک گاوزبان اروپایی نشان داد که

جدول 5- توزیع عمودی درصد سطح برگ علف‌های هرز در کانوپی گاوزبان اروپایی
Table 5- Vertical distribution of weeds leaf area in neighbor with borage

حضور گیاهان پوششی Presence of cover crops										بدون گیاه پوششی Cover crop free		
شبدر ایرانی Persian clover					ماش Mung bean							
لایه (سانتی‌متر) Layer (cm)	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed
0-20	91.05 ^{a*}	0.85 ^c	100 ^a	3.99 ^d	20.65 ^b	10.05 ^b	0 ^a	0 ^a	29.86 ^a	2.48 ^c	0 ^c	4.04 ^c
20-40	8.95 ^b	9.29 ^b	0 ^b	20.76 ^b	79.35 ^a	89.95 ^a	0 ^a	0 ^a	29.92 ^a	5.01 ^c	0 ^c	35.54 ^a
40-60	0 ^b	14.77 ^b	0 ^b	62.77 ^a	0 ^c	0 ^b	0 ^a	0 ^a	35.12 ^a	16.41 ^b	67.73 ^a	23.54 ^b
60-80	0 ^b	66.49 ^a	0 ^b	12.47 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^a	0 ^a	5.1 ^b	57.33 ^a	26.26 ^b	36.88 ^a
80-100	0 ^b	8.6 ^b	0 ^b	0 ^d	0 ^c	0 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^b	18.77 ^b	6.01 ^c	0 ^c
100-120	0 ^b	0 ^c	0 ^b	0 ^d	0 ^c	0 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c
120-140	0 ^b	0 ^c	0 ^b	0 ^d	0 ^c	0 ^b	0 ^a	0 ^a	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.



شکل 4- توزیع عمودی ماده خشک ریحان در حضور شبدر ایرانی، ماش، حذف علف‌های هرز و تداخل علف‌های هرز
بارهای نمایش داده شده مربوط به خطای استاندارد است.

Fig. 4- Vertical distribution of sweet basil dry matter in presence of clover, mung bean, weeding and no weed control
Vertical bars represent Standard error of the means.

جدول 6- مقایسه میانگین تأثیر حضور علف هرز و گیاهان پوششی بر مقدار ماده خشک ریحان

Table 6- Mean comparison of the effect of presence of weed and cover crops on sweet basil dry matter

لایه ها (سانتی متر) Layers (cm)	شبدر (سانتی متر مربع) Clover (cm ²)	ماش (سانتی متر مربع) Mung bean (cm ²)	حذف علف های هرز (سانتی متر مربع) Unweed (cm ²)	حضور علف های هرز (سانتی متر مربع) Weedy (cm ²)
0-20	0.36 ^{a*}	0.226667 ^a	3.763333 ^{ab}	0.476667 ^a
20-40	0.333333 ^a	0.263333 ^a	2.92 ^{ab}	0.366667 ^a
40-60	0.213333 ^b	0.45 ^a	3.153333 ^{ab}	0.386667 ^a
60-80	0 ^b	0 ^b	5.88 ^a	0.203333 ^{ab}
80-100	0 ^b	0 ^b	1.186667 ^b	0 ^b
کل Total	0.906667	0.94	16.90333	1.433333

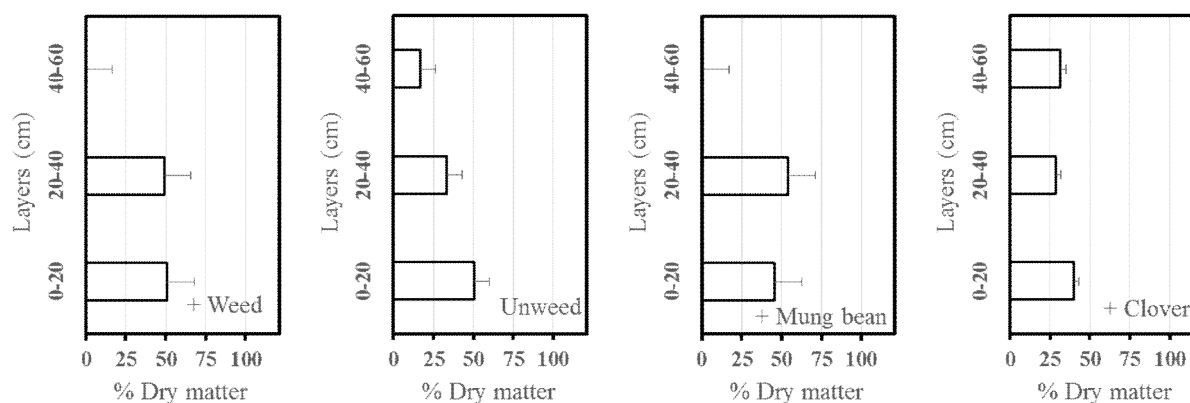
*میانگین های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی دار هستند.

*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

گیاهان پوششی

مجاورت شبدر با گاوزبان اروپایی باعث اختصاص ماده خشک شبدر در لایه های 0-20 و 20-40 سانتی متر کانویی گردید (شکل 6). این در حالی بود که ریحان باعث اختصاص ماده خشک به یک لایه بالاتر در کانویی شبدر گردید. به طوری که مقدار ماده خشک اختصاص داده شده به لایه 40-60 سانتی متر 30/68 درصد بود (شکل 6).

در حالی که گاوزبان اروپایی در حضور گیاه پوششی ماش ماده خشک را در دو لایه ابتدایی و میانی حفظ کرده بود. حفظ ماده خشک کانویی در لایه های نامبرده نیز در شرایط تداخل علف های هرز نیز دیده شد. سعادتیان و همکاران (Saadatian et al., 2011) نیز افزایش لایه ابتدایی کانویی گندم را با افزایش تراکم علف های هرز چاودار و خردل وحشی گزارش نموده اند. همچنین بیشترین ماده خشک تولید در زمان عدم رقابت گاوزبان با علف های هرز مشاهده شد (جدول 7).



شکل 5- توزیع عمودی ماده خشک گاوزبان اروپایی در حضور شبدر ایرانی، ماش، حذف علف های هرز و تداخل علف های هرز بارهای نمایش داده شده مربوط به خطای استاندارد است.

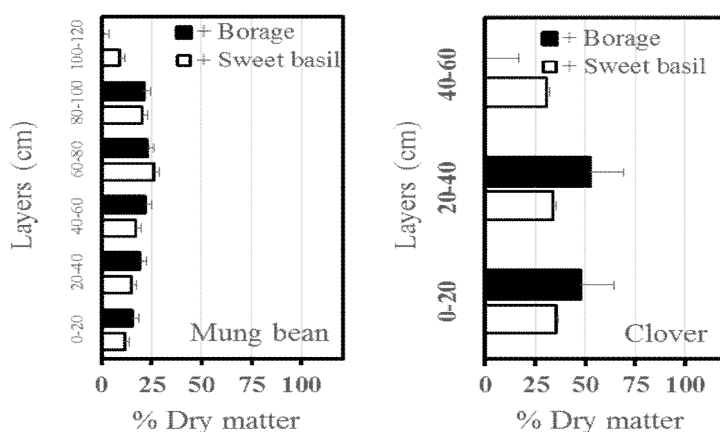
Figure 5- Vertical distribution of borage dry matter in presence of clover, mung bean, no weed controls and weeding Vertical bars represent Standard error of the means.

جدول 7- مقایسه میانگین تأثیر حضور علف هرز و گیاهان پوششی بر مقدار ماده خشک گاوزبان اروپایی

Table 7- Mean comparison of the effect of presence of weed and cover crops on borage dry matter

لایه‌ها (سانتی‌متر) Layers (cm)	شبدر (سانتی‌متر مربع) Clover (cm ²)	ماش (سانتی‌متر مربع) Mung bean (cm ²)	حذف علف‌های هرز (سانتی‌متر مربع) Unweed (cm ²)	حضور علف‌های هرز (سانتی‌متر مربع) Weedy (cm ²)
0-20	2.51 ^a	1.23 ^a	3.72 ^a	0.88 ^{a*}
20-40	1.79 ^b	1.47 ^a	2.45 ^b	0.85 ^a
40-60	1.99 ^{ab}	0 ^b	1.24 ^c	0 ^b
60-80	0 ^c	0 ^b	0 ^d	0 ^b
80-100	0 ^c	0 ^b	0 ^d	0 ^b
کل Total	6.29	2.7	7.41	1.73

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.



شکل 6- توزیع عمودی ماده خشک شبدر و ماش در حضور گاوزبان اروپایی و ریحان

بارهای نمایش داده شده مربوط به خطای استاندارد است.

Fig. 6- Vertical distribution of persian clover and mung bean dry matter in presence of borage and sweet basil
Vertical bars represent Standard error of the means.

جدول 8- توزیع عمودی درصد ماده خشک علف‌های هرز در کانونی ریحان

Table 8- Vertical distribution of weeds dry matter in neighborig with sweet basil

لایه (سانتی‌متر) Layer (cm)	حضور گیاهان پوششی Presence of cover crops								بدون گیاه پوششی Cover crop free			
	شبدر ایرانی Persian clover				ماش Mung bean							
	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed	دم روباهی Fox tail	قیاق Johnson grass	گاوپنبه Velvet leaf	تاج خروس Pig weed
0-20	37.71 ^{a*}	77.31 ^a	24.88 ^a	48.95 ^a	100 ^a	29.35 ^a	31.14 ^a	42.24 ^a	33.48 ^a	43.32 ^a	53.71 ^a	40.07 ^a
20-40	21.55 ^b	13.01 ^b	27.5 ^a	25.36 ^b	0 ^b	23.68 ^{ab}	13.68 ^b	29.03 ^b	17.18 ^c	13.36 ^b	46.29 ^a	25.15 ^b
40-60	21.89 ^b	6.21 ^b	17.3 ^b	25.69 ^b	0 ^b	26.88 ^{ab}	15.31 ^b	28.72 ^b	22.03 ^{bc}	18.22 ^b	0 ^b	20.65 ^c
60-80	3.03 ^c	3.47 ^b	13.48 ^b	0 ^c	0 ^b	20.08 ^b	17.76 ^b	0 ^c	27.31 ^{ab}	11.54 ^b	0 ^b	14.13 ^d
80-100	15.82 ^b	0 ^b	16.84 ^b	0 ^c	0 ^b	0 ^c	22.1 ^{ab}	0 ^c	0 ^d	12.97 ^b	0 ^b	0 ^e
100-120	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^d	0.58 ^c	0 ^b	0 ^e
120-140	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^d	0 ^c	0 ^b	0 ^e

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.
*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % probability level.

علف‌های هرز

مطالعه توزیع عمودی ماده خشک علف‌های هرز در کانویی ریحان نشان داد که حضور ماش موجب تخصیص صد در صد ماده خشک دمروباهی به لایه 0-20 سانتی‌متر کانویی گردید (جدول 8). به‌طور کلی ماش از قدرت بالایی در کاهش توزیع سطح برگ علف‌های هرز برخوردار بود. این در حالی بود که شبدر نیز به‌عنوان گیاه رقیب با علف‌های هرز تأثیر چندانی در کاهش توزیع عمودی ماده خشک علف‌های هرز نداشت (جدول 8).

تمرکز ماده خشک ماش در حضور گاوزبان اروپایی در لایه‌های مختلف به غیر از لایه 60-80 سانتی‌متر کانویی، از مقادیر بالاتری برخوردار بود، این در حالی بود که ماش ماده خشک خود را در مجاورت ریحان به یک لایه بالاتر منتقل کرده بود (شکل 6). این تغییر در الگوی اختصاص ماده خشک در بین لایه‌های مختلف، احتمالاً به علت دسترسی بیشتر به نور می‌باشد. عمدتاً کاهش تجمع ماده خشک در شرایط رقابت به دلیل کشمکش بر سر منابع غذایی و نور می‌باشد (Aminpanah et al., 2009).

جدول 9- توزیع عمودی درصد ماده خشک علف‌های هرز در کانویی گاوزبان اروپایی
Table 9- Vertical distribution of weeds dry matter in neighbor with borage

حضور گیاهان پوششی												
Presence of cover crops												
شبدر ایرانی						ماش			بدون گیاه پوششی			
Persian clover						Mung bean			Cover crop free			
لایه (سانتی‌متر)	دم روباهی	قیاق	گاوپنبه	تاج خروس	دم روباهی	قیاق	گاوپنبه	تاج خروس	دم روباهی	قیاق	گاوپنبه	تاج خروس
Layer (cm)	Fox tail	Johnson grass	Velvet leaf	Pig weed	Fox tail	Johnson grass	Velvet leaf	Pig weed	Fox tail	Johnson grass	Velvet leaf	Pig weed
0-20	65.57 ^{a*}	26.5 ^a	47.64 ^a	36.49 ^a	74.19 ^a	53.17 ^a	25.79 ^a	0 ^a	33.1 ^a	23.69 ^a	23.85 ^{ab}	41.66 ^a
20-40	34.43 ^{ab}	25.67 ^a	20.59 ^b	34.03 ^a	25.81 ^b	46.83 ^a	21.64 ^{ab}	0 ^a	24.77 ^{ab}	21.26 ^{ab}	21.37 ^b	28.49 ^b
40-60	0 ^b	16.46 ^{ab}	31.76 ^b	21.53 ^b	0 ^c	0 ^b	15.84 ^b	0 ^a	17.13 ^{bc}	26.2 ^a	21.79 ^b	29.85 ^{ab}
60-80	0 ^b	19.77 ^{ab}	0 ^c	7.95 ^c	0 ^c	0 ^b	16.58 ^b	0 ^a	8.56 ^{cd}	14.2 ^b	32.99 ^a	0 ^c
80-100	0 ^b	7.45 ^{bc}	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	20.15 ^{ab}	0 ^a	16.44 ^{bc}	14.65 ^b	0 ^c	0 ^c
100-120	0 ^b	4.14 ^{bc}	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^a	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c
120-140	0 ^b	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^c	0 ^b	0 ^c	0 ^a	0 ^d	0 ^c	0 ^c	0 ^c

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه از نظر آماری در سطح 5 درصد و بر اساس آزمون LSD فاقد اختلاف معنی‌دار هستند.

*According to the LSD test, columns with the same letter are not significantly different at 5 % level.

همکاران (Hashemi et al., 2016) در نیز در پژوهش خود به این نکته اشاره کردند که در مقایسه با سویای بدون رقابت با علف‌های هرز و گیاهان پوششی، بیشترین ماده خشک علف هرز در تیمار سویای بدون وجین مشاهده شد. احتمالاً عدم حضور رقیبی مانند گیاهان پوششی و عدم رقابت بر سر دریافت منابع غذایی و نور موجب حفظ و توزیع یکنواخت ماده خشک علف‌های هرز در لایه‌ها گردید. کشت گیاهان پوششی در بین ردیف‌های گیاهان اصلی باعث اشغال سریع فضاهای خالی و عدم جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز می‌شود و همچنین از رشد و نمو گیاهچه‌های علف هرز جلوگیری می‌کند (Sanjani et al., 2009).

حضور گیاهان پوششی در کانویی گاوزبان اروپایی جهت کاهش توزیع عمودی ماده خشک مؤثرتر واقع گردید. به‌طوری‌که شبدر در کانویی گاوزبان اروپایی موجب تمرکز ماده خشک دمروباهی تنها در دو لایه 0-20 و 20-40 سانتی‌متر کانویی گردید (جدول 9). با حضور ماش تأثیر مشابهی بر دمروباهی و قیاق مشاهده گردید. علاوه بر این مجاورت ماش و گاوزبان اروپایی ماده خشک لایه‌های کانویی تاج‌خروس را به صفر رسانید (جدول 9).

به‌طور کلی، توزیع عمودی ماده خشک علف‌های هرز در مزارع گاوزبان اروپایی و ریحان در شرایط عدم حضور گیاهان پوششی از یکنواختی بیشتری برخوردار بودند (جدول‌های 8 و 9). هاشمی و

های هرز بود. درحالی که حضور گیاهان پوششی شبدر ایرانی و ماش در مجاورت ریحان موجب تخصیص ماده خشک به لایه‌های پایینی شد. گاوزبان اروپایی نیز در زمان حضور شبدر ایرانی و عدم تداخل علف‌های هرز توانست ماده خشک کانوپی را به لایه بالاتر منتقل کند. همچنین بیشترین سطح برگ علف‌های هرز مزرعه مربوط به تیمار کشت خالص ریحان و گاوزبان اروپایی مشاهده شد. علاوه براین، عدم استفاده از گیاهان پوششی افزایش ارتفاع علف‌های هرز را در پی داشت. لذا می‌توان از گیاهان پوششی مناسب در جهت کاهش رشد علف‌های هرز مزارع ریحان و گاوزبان در راستای کاهش مصرف علف‌کش‌ها استفاده نمود.

در گزارشی اظهار شد که کمتر بودن زیست توده گاوپنبه در تاریخ‌های اول و دوم کاشت گیاه پوششی لوبیا چشم‌بلبلی و سویا به دلیل سایه‌اندازی کانوپی‌شان بوده که مانع از رشد و توسعه علف‌های هرز شده و به خوبی فضای بین ردیف‌های کشت را پوشانند، در نتیجه بوته‌های گاوپنبه از نظر دسترسی به آب، مواد غذایی و نور فعال فتوسنتزی تحت فشار قرار گرفتند و این منجر به کاهش زیست توده تولیدی علف هرز شد (Nazari, 2013).

نتیجه‌گیری

سایه‌اندازی و کاهش نور قابل دسترس در لایه‌های ابتدایی کانوپی ریحان و گاوزبان اروپایی از دلایل ریزش برگ‌های این لایه و کاهش درصد سطح برگ در لایه پایینی کانوپی در زمان حضور علف-

منابع

- Ahmadvand, G., Nasiri mahallati, M., and Koocheki, A. 2005. Effect of light competition and nitrogen fertilizer on canopy structure of wheat and wild oat. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(6): 100-112. (In Persian with English Summary)
- Aminpanah, H., Souroshzadeh, A., Zand, E., and Momeni, A. 2009. Investigation of light extinction coefficient and canopy structure of more and less competitiveness of rice cultivars (*Oryza sativa*) against Brarnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). Electronic Journal of Crop Production 2(3): 69-84. (In Persian with English Summary)
- Baldwin, K.R., and Creamer, N. 2006. Cover crops for organic farms. Organic production. North Carolina Cooperative Extension Service: College of Agriculture and Life Sciences.
- Carruba, A., La Torre, R., and Matranga, A. 2002. Cultivation Trials of Aromatic and Medicinal Plants in Semiarid Mediterranean Environment: Proceeding of International Conference on MAP. Acta Horticulture 576: 207-216.
- Cousens, R.D., Weaver, S.E., Martin, T.D., Blair, A.M., and Wilson, J. 1991. Dynamics of competition between wild oat (*Avena fatua* L.) and winter cereals. Weed Research 37: 203-210.
- Dadvand Sarab, M., Naghdi Badi, H., Nasri, M., Makkizadeh, M., and Omid, H. 2008. Changes in essential oil content and yield of basil in response to different levels of nitrogen and plant density. Journal of Medicinal Plant 3(27): 60-70. (In Persian with English Summary)
- Dianat, M., Rahimian Mashhadi, H., Alizadeh, H.M., and Zand, E. 2005. Evaluation of important traits in competitive ability of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) against rye (*Secale cereal*). Pajouhesh and Sazandegi 71: 58-66. (In Persian with English Summary)
- Hashemi, S.S., Zaefarian, F., Farahmandfar, E., and Bagheri Shirvan, M. 2016. Effect of cover crops on vertical distribution of leaf area and dry matter of soybean (*Glycine max* L.) in competition with weeds. Journal of Agroecology 8(3): 417-434. (In Persian with English Summary)
- Lindquist, J.L., and Mortensen, D.A. 1998. Tolerance and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*) suppressive ability of two old and two modern corn (*Zea mays*) hybrids. Weed Science 46: 569-574.
- Mohammadi, G.R., Javanshir, A., Rahimzadeh Khoyi, F., Mohammadi, A., and Zahtab Salmasi, S. 2004. The effect of weeds interference on shoot and root growth and harvest index in chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science 3: 51-60. (In Persian with English Summary)
- Mosier, D.G., and Oliver, L.R. 1995. Common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and entireleaf morningglory (*Ipomoea hederacea* Var. integriscula) interference on soybean (*Glycine max*). Weed Science 43: 239-246.
- Nazari, S. 2013. Cover crop effectiveness on weed control of corn in different planting time. Msc. Thesis of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. (In Persian with English Summary)

- Rahimi, A., Rahimian Mashhadi, H., Agha Alikhani, M., and Karimi kalaleh, M. 2006. Investigation of dry matter in canopy orientation in corn (*Zea mays* L.) and pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.) in competition condition. The First Iranian Weed Science Congress, Tehran, Iran. 25-26 January p: 354-359. (In Persian)
- Rajcan, I., Agha Alikhani, M., Swanton, C.J., and Tollenaar, M. 2002. Development of redroot pigweed is influenced by light spectral quality and quantity. *Crop Science* 42: 1930-1936.
- Rajcan, I., and Swanton, C.I. 2001. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and whole plant. *Field Crops Research* 71: 139-150.
- Regnier, E.E., and Stoller, E.W. 1989. The effect of soybean (*Glycine max*) and interferer on the canopy architecture of common cocklebur (*Xanthium strumarium*), jimsonweed (*Datura stramonium*) and velvetleaf (*Abutilon theophrasti*). *Weed Science* 37: 187-195.
- Reicosky, D., and Forcella, F. 1998. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. *Journal of Soil and Water Conservation* 53(3): 224-226.
- Rezvani, M., Zaefarian, F., and Joveini, M. 2010. Response of canopy structure of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars to weed competition. *Iranian Weed Science* 6(2): 91-105. (In Persian with English Summary)
- Saadatian, B., Ahmadvand, G., and Soleimani, F. 2012. Study of canopy structure and growth characters role of two wheat cultivars in competition, on economic threshold and yield of rye and wild mustard. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(3): 494-504. (In Persian with English Summary)
- Safahani Langerodi, A., Ayneband, A., Zand, E., Nour-mohammadi, G.H., Baghestani, M.A., and Kamkar, B. 2008. Evaluation of competitive ability in some canola (*Brasica napus*) cultivars with wilds mustard (*Sinapis arvensis*) and relationship with canopy structure. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 15(2): 86-98. (In Persian with English Summary)
- Samaey, M., Akbary, A., and Zand, E. 2006. The study of redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*) competition and density effects on morphological characteristics, yield and yield components of soybean (*Glycine max*) cultivars. *Journal of Agricultural Sciences (Islamic Azad University)* 12: 41-55. (In Persian with English Summary)
- Sanjani, S., Bagher Hosseini, M.B., Chaichi, M.R., and Rezvan Beidokhti, S. 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7(1): 85-95. (In Persian with English Summary)
- Shams, H., Naghdibadi, H.A., Omid, H., Rezazadeh, S.H., Souroshzadeh, A., and Seifasandi, M. 2009. Evaluation of calcium effect on quantity and quality changes of shoot in borage (*Borago officinalis* L.). *Journal of Medicinal Plants* 4(8): 138-144. (In Persian with English Summary)
- Sinoquet, H., and Caldwell, R.M. 1995. Estimation of Light Capture and Partitioning in Intercropping Systems. In: H. Sinoquet and P. Cruz (Eds.): *Ecophysiology of Tropical Intercropping*. Paris, Institute National de la Recherche Agronomique (INRA). p. 79-80.
- Teasdale, J.R. 1995. Influence of narrow row/high population corn (*Zea mays* L.) on weed control and light transmittance. *Weed Technology* 9: 113-118.
- Traore, S., Mason, S.C., Martin, A.R., Mortensen, D.A., and Spotanski, J.J. 2003. Velvetleaf interference on yield and growth of grain sorghum. *Agronomy Journal* 95: 1602-1607.
- Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Ichiyama, K., Sugiura, E., Yodate, T., Nakamura, S., and Gopal, J. 2012. Effect of interseeding cover crops and fertilization on weed suppression organic and rotational cropping system. 1. Stability of weed suppression over years and main crops of potato, maize and soybean. *Field Crops Research* 127: 9-16.
- Yaghoobi, S.R., Pirdashti, H., Habibi savadkoobi, M., and Ghadamyari, S. 2009. Effect of weed free periods on canopy structure and leaf area distribution in corn (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Crop Science* 11: 15-24. (In Persian with English Summary)
- Zaefarian, F. 2009. Ecophysiological response of corn and soybean intercropping to simultaneous competition of redroot pigweed and jimson weed: PhD Thesis. Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Zand, E., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2003. Changing of canopy structure of some wheat cultivar in 50 recent years. *Journal of Agricultural Sciences* 13(4): 13-26. (In Persian with English Summary)



Investigation the Vertical Distribution of Leaf Area and Dry Matter of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.), Borage (*Borago officinalis* L.) and Cover Crops in Competition with Weeds

Z. Shirzadi Margavi¹, F. Zaefarian^{2*} and M. Bagheri Shirvan³

Submitted: 08-12-2015

Accepted: 04-05-2016

Shirzadi Margavi, Z., Zaefarian, F., and Bagheri Shirvan, M. 2017. Investigation the vertical distribution of leaf area and dry matter of sweet basil, borage and cover crops in competition with weeds. Journal of Agroecology 9(2): 406-420.

Introduction

Distribution of leaf area and dry matter are the effective factors that influence radiation absorption, evapotranspiration of canopy and eventually dry matter accumulation and grain yield in plants. Plant canopy is the spatial arrangement of shoots in a plant population. In plant canopy, leaves are responsible for radiation absorption and gas exchange with the environment. Stem and branches somehow arrange photosynthetic organs, in order to gas exchange and light distribution best done. The effect of canopy structure on gas exchange and absorption of radiation in plant communities caused detailed study of the canopy structure to be more important.

Material and Methods

In order to investigate the vertical distribution of leaf area and dry matter of borage and sweet basil in competition with weeds by cover crops treatments, a field experiment was carried out in a randomized complete block design with eight treatments and three replications in Agricultural Sciences and Natural Resources University of Sari in 2013. Treatments were cover crops mung bean (*Vigna radiata* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) in the rows between the sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) and borage (*Borago officinalis* L.). Moreover, in order to evaluate the effectiveness of cover crops to control weeds, pure stand of sweet basil and borage in terms of weeding and no weed controls per replicates were applied. Each plot was included five rows of medicinal plants. Cover crop inter-seeded simultaneously among main crop. Estimation of leaf area and dry matter of each plant in different canopy layers (0-20, 20-40, 40-60, 80-100, 100-120 and 120-140 cm) were done after 75 planting days, with 1m × 1m quadrat per plot. In this respect a vertical card board frame marked in 20-cm increments was used in the field as a guide to cut standing plants (crops, cover crops and weeds) into 20-cm strata increments (Mosier & Oliver, 1995). All samples were transferred to the laboratory, leaves and stem were separated and for every sample the area of green leaves was measured with a leaf area meter LICOR- 3000 A (LI-COR, Lincoln, NE, USA). Afterwards all samples were oven-dried at 70 °C for 48 hours and weighted. Analysis of variance (ANOVA) was performed by SAS (Ver. 9.2) application. In order to compare the average, least significant differences test (LSD) were used. Microsoft Excel was used for plotting.

Results and Discussion

Results presented that vertical distribution of sweet basil leaf area was limited in top layer of canopy (40-60 cm) in all treatments except weeds presence. However, dry matter of sweet basil canopy was distributed in all layers in weed free treatment. In borage, omitting the competition with weeds, causes leaf area and dry matter distribution in all three layers. Results showed that mung bean and Persian clover have same distribution of leaf area and dry matter in all layers in neighboring with sweet basil. Generally, the vertical distribution of dry matter of weeds in the fields of borage and sweet basil had more uniformity in the absence of cover crops. Planting cover crops between rows of main plants causes rapid occupation of empty spaces and lack of weed seed germination and prevent seedling growth and development of weeds.

1, 2 and 3- MSc student in Agronomy, Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University and PhD student in Crop Ecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.52067

Conclusion

Shading can cause leaf abscission of sweet basil and borage in lower layers when competing with weeds. While, presence of cover crop made dry matter allocation to these lower layers in sweet basil. Moreover, borage allocated its dry matter in presence of Persian clover and in weed free. No applying cover crops caused weed height increment, so with planting suitable cover crop, weed growing can be decreased.

Keywords: Canopy structure, Mung bean, Persian clover



تأثیر سطوح فیلتریک بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد بلال ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل

عزیز کرملاجب^{1*}، سید عطاء اله سیادت²، حسن حمدی³، حسین منجزی⁴ و احمد کوچک زاده⁵

تاریخ دریافت: 1393/11/01

تاریخ پذیرش: 1394/03/23

کرملاجب، ع.، سیادت، ع.، حمدی، ح.، منجزی، ح.، و کوچک زاده، ا. 1396. تأثیر سطوح فیلتریک بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد بلال ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 421-432.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر سطوح فیلتریک بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیک و عملکرد ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) بهاره تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل، آزمایشی در مزرعه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در بهار سال 1391 اجرا گردید. سطوح تنش خشکی (آبیاری پس از تخلیه 25، 50 و 75 درصد رطوبت قابل استفاده خاک) در کرت‌های اصلی و فیلتریک (صفر، 10، 20 و 30 تن در هکتار) در کرت‌های فرعی جای داده شدند. نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی بر غلظت یون سدیم در اندام هوایی گیاه اثر معنی‌داری نداشت، اما بر صفات مرفوفیزیولوژیک و عملکرد ذرت اثر معنی‌دار کاهشی بوده است. تنش شدید وزن تر بلال و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب 21/7٪ و 27/3٪ کاهش داد. کاربرد فیلتریک در شرایط بدون تنش باعث افزایش ارتفاع گیاه، وزن تر بلال و عملکرد بیولوژیک گیاه شد، اما در شرایط تنش شدید، سطوح بالای فیلتریک به دلیل شوری زیاد باعث افزایش آسیب به غشاء سلول، کاهش پایداری غشاء، کاهش شاخص سطح برگ و کاهش وزن تر بلال و عملکرد بیولوژیک به ترتیب به میزان 18/7 و 23/3 درصد نسبت به تیمار بدون فیلتریک شد و چنین نتیجه‌گیری شد که تأثیر مثبت فیلتریک تنها در شرایط بدون تنش می‌باشد و در شرایط تنش خشکی حتی باعث کاهش عملکرد اقتصادی هم می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: پروتئین‌های محلول برگ، پتانسیل اسمزی برگ، شاخص پایداری غشاء، عملکرد بلال

مقدمه

برداشت بلال اصلی به عنوان علوفه با کیفیت بالا مورد استفاده دام قرار داد. از طرف دیگر پوست بلال و چوب بلال آن نیز در کارخانجات صنایع تبدیلی بعد از جدا شدن دانه آن به صورت کنسرو قابل استفاده برای خوراک دام است (Hashemi Dezfoli et al., 2001). تنش‌های محیطی از جمله عواملی هستند که استفاده از حداکثر پتانسیل آب، خاک و گیاه در جهت حداکثر تولید را محدود می‌کنند. تنش خشکی به عنوان مهم‌ترین عامل محدود کننده رشد و تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است (Ashraf, 2009). از آنجایی که مواد غذایی به صورت محلول در آب جذب گیاه می‌شود، بنابراین، هرگونه محدودیت در منابع آبی منجر به محدودیت در برخی منابع غذایی شده و گیاه مجبور به کم کردن

ذرت شیرین (*Zea mays* var. *Saccharata*) دارای اهمیت اقتصادی ویژه‌ای است، زیرا کلیه بخش‌های آن اعم از بلال، ساقه و برگ، چوب بلال و پوست بلال مورد استفاده قرار می‌گیرد. در زمان برداشت، ساقه و برگ‌ها هنوز سبز بوده و می‌توان آن‌ها را پس از

1، 2، 3، 4 و 5- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، مدیر مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر و صنایع جانبی، دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(Email: azizchaab@gmail.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.43665

(* - نویسنده مسئول)

شیرین بهاره تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع رامین خوزستان در بهار سال 1391 اجرا گردید. شهر رامین با داشتن میانگین بارندگی سالیانه حدود 169 میلی‌متر و میانگین دمای 23 درجه سانتی‌گراد، از لحاظ اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. برخی مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش در جدول 1 نشان داده شده است. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تنش خشکی در پایان دوره رشد در سه سطح بدون تنش، تنش خشکی ملایم و تنش خشکی شدید، به ترتیب آبیاری پس از تخلیه 25، 50 و 75 درصد رطوبت قابل استفاده خاک، به عنوان فاکتور اصلی در نظر گرفته شد. تنش خشکی با توجه به مرحله حساس گیاه و امکان وقوع آن در اواخر بهار و همزمان با دوره زایشی گیاه ذرت شیرین در کشت بهاره، از ابتدای مرحله ظهور گل‌آذین نر گیاه تا زمان رسیدگی و به مدت 35 روز اعمال شد. رطوبت خاک از طریق روش وزنی مشخص شد و جهت تعیین دقیق زمان آبیاری برای هر تیمار هر دو روز یک‌بار به وسیله مته از کرت‌های فرعی در عمق نفوذ ریشه نمونه‌برداری به عمل آمد تا درصد رطوبت وزنی خاک مشخص شود. حجم آب مورد نیاز برای هر بار آبیاری هر تیمار محاسبه و آبیاری به وسیله سیفون با دبی مشخص انجام شد (Alizadeh, 2008).

مقادیر مختلف فیلتریک (صفر، 10، 20 و 30 تن در هکتار) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند و از کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر تأمین و دو روز قبل از بذرکاری به خاک اضافه شد. برخی از ویژگی‌های فیلتریک در جدول 1 آمده است. نیتروژن مورد نیاز از منبع اوره به میزان 140 کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (به صورت پایه و دو مرحله سرک، به‌طور مساوی و هر مرحله یک سوم) در اختیار گیاه قرار گرفت. کود فسفره مورد نیاز به میزان 120 کیلوگرم در هکتار از منبع فسفات آمونیوم در زمان کاشت مصرف شد. ابعاد کرت فرعی 6 × 4/5 متر و دارای شش خط کاشت با فاصله ردیف 75 سانتی‌متر بود. برای جلوگیری از تأثیر تیمارها بر هم، بین کرت‌های اصلی و فرعی به ترتیب دو و یک متر فاصله منظور شد.

رشد رویشی و اتمام زود هنگام آن مرحله و شروع مرحله زایشی می‌گردد، در نتیجه ارتفاع، اجزای عملکرد و عملکرد کاهش می‌یابد (Mohammadi et al., 2006).

فیلتریک یک محصول جانبی صنعت نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) است که در طی فرایند رسوب‌گذاری و تصفیه شربت به دست می‌آید که میزان آن چهار درصد وزن نی ورودی به کارخانه می‌باشد. کیفیت فیلتریک بستگی به فرآیندی است که برای رسوب‌گذاری ناخالصی استفاده می‌شود. ماده آلی موجود در فیلتریک می‌تواند تا حدود 64 درصد وزن خشک آن برسد و یک منبع غنی برای کلسیم است (Martin & Haider, 1998). مقادیر فراوان فیلتریک تولید شده که می‌تواند به وسیله فرآیند تجزیه زیستی به یک منبع با ارزش ماده آلی تبدیل شود، این ماده را به عنوان یک مکمل کود شیمیایی معرفی کرده است. مواد غذایی موجود در فیلتریک به تدریج رها شده و مورد استفاده گیاه قرار می‌گیرد و نیز موجب اصلاح ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک می‌شود (Juan, 1989).

پشت‌دار و همکاران (Poshtdar et al., 2012) در آزمایشی بر روی ذرت نشان دادند که کاربرد مقدار 20 تن فیلتریک در هکتار باعث افزایش رشد و تولید گیاه و در نتیجه افزایش مقدار کل ماده خشک، پروتئین و عملکرد علوفه گیاه نسبت به تیمار شاهد شده است. کاربرد 10 تا 15 تن در هکتار فیلتریک نیتروژن کل خاک را به ترتیب 48 و 70 درصد و نیتروژن معدنی خاک را به ترتیب 144 و 162 درصد افزایش می‌دهد. در مکزیک از فیلتریک به عنوان کود آلی استفاده می‌شود (Jesus & Enriquez, 2001). در آزمایش دیگری بیان شده که افزودن فیلتریک به خاک سبب غنی شدن خاک از مواد آلی و عناصر غذایی گردید (Juan, 1989). کاربرد 10 تا 15 تن فیلتریک در هکتار ماده آلی خاک را به ترتیب 15 و 24 درصد افزایش می‌دهد (Jesus & Enriquez, 2001). به‌طور کلی، مقادیر فیلتریک حاصل از کارخانه‌های کشت و صنعت نیشکر در استان خوزستان بسیار زیاد و غیر قابل استفاده باقی مانده است. اما در سال‌های اخیر از این ماده آلی به عنوان کود آلی و اصلاح کننده فیزیکی خاک در زمین‌های زراعی استان استفاده می‌گردد. به همین منظور و با توجه به اینکه هیچ‌گونه آزمایش جامعی در این زمینه صورت نگرفته است، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف فیلتریک بر برخی صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک ذرت

جدول 1- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده
Table 1- Some of soil chemical and physical characteristics

عمق خاک (سانتی متر) Soil depth (cm)	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC(dS.m ⁻¹)	نیتروژن (درصد) N (%)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) K(mg.kg ⁻¹)	فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم) P(mg.kg ⁻¹)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	بافت Texture
0-30	7.4	2.5	0.05	264	7.2	0.76	لومی رسی Clay loam
30-60	7.7	2.1	0.04	217	6.4	0.52	لومی رسی Clay loam
فیلترکیک Filter Cake	6.5	10.4	0.45	1437	480	26	-

عملیات آماده سازی زمین شامل شخم، تهیه مناسب زمین و ایجاد فارو بود که انجام شد. بذر ذرت شیرین بهاره هیبرید سینگل کراس 403 از مرکز تحقیقات و تهیه نهال و بذر صفی آباد دزفول تهیه و با تراکم 7/5 بذر در متر مربع به صورت خطی با فاصله روی ردیف 18 سانتی متر در عمق سه تا پنج سانتی متری به صورت دستی در 15 اسفند ماه 1390 کشت سپس آبیاری صورت گرفت. برداشت نهایی به صورت بلال سبز در اول مرحله خمیری و در سه نوبت به صورت دستی و از دو خط میانی هر کرت فرعی با در نظر گرفتن نیم متر حاشیه از هر طرف انجام شد.

اندازه گیری شاخص سطح برگ حدود یک هفته بعد از اعمال تنش و همزمان با ظهور ابریشم های 50 درصد بلال ها، در دو نوبت به فاصله دو روز، از تیمارهای مختلف صورت گرفت. برای این منظور تعداد پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و برگ های آن جدا شد. برای محاسبه سطح برگ، طول و عرض برگ بوسیله خط کش تعیین و سپس با استفاده از معادله یک میانگین شاخص سطح برگ تعیین شد.

$$LAI = (L_{A2} + L_{A1})/2 \times (1/G_A) \quad (1)$$

که در این رابطه، L_{A2} و L_{A1} : سطح برگ بوته در دو مرحله نمونه برداری و G_A : مساحت زمینی که یک بوته اشغال می کند.

شاخص پایداری غشاء سلول های برگ پرچم حدود یک هفته بعد از اعمال تنش و همزمان با ظهور ابریشم های 50 درصد بلال ها، و بر اساس روش سایرام و همکاران (Sairam et al., 2001) اندازه گیری شد. برای این منظور 10 نمونه برگ دایره ای شکل با اندازه های برابر

به قطر یک سانتی متر از برگ پرچم تهیه و با آب مقطر شسته شدند. سپس پنج نمونه آن ها را در آب مقطر در دمای 40 درجه سانتی گراد به مدت 30 دقیقه نگهداری و هدایت الکتریکی آب اندازه گیری شد (EC_1). پنج نمونه دیگر را در آب مقطر در دمای 100 درجه سانتی گراد به مدت 15 دقیقه نگهداری و هدایت الکتریکی آب نیز اندازه گیری شد (EC_2). در نهایت، شاخص پایداری غشاء سلول ها با استفاده از معادله 2 محاسبه شد (Saneoka et al., 2004).

$$[1 - (EC_1 / EC_2)] \times 100 = \text{شاخص پایداری غشاء} \quad (2)$$

جهت اندازه گیری پتانسیل اسمزی ابتدا برگ پرچم جدا شده از گیاه را پس از شستشو با آب مقطر، به قطعات کوچک یک سانتی متری تقسیم شد. سپس از طریق اضافه نمودن مقادیر مختلف پلی اتیلن گلیکول 6000 به آب مقطر، محلول های با پتانسیل اسمزی متفاوت (8 محلول با غلظت های 0/8، 1/0، 1/2، 1/4، 1/6، 1/8، 2/0 و 2/2] مگاپاسکال) تهیه شد. در هر یک از محلول ها تعداد پنج قطعه نمونه برگ وزن شده به مدت دو ساعت قرار داد شد. بدین ترتیب نمونه ها در بعضی محلول ها افزایش وزن و در برخی دیگر وزن آن ها کاهش یافته است. پتانسیل محلولی که در آن تغییری در وزن نمونه های گیاهی ایجاد نشده را به عنوان پتانسیل اسمزی برگ نمونه مورد نظر گزارش گردید (Alizadeh, 2008).

مقدار پروتئین های محلول کل به روش معرفی شده توسط برادفورد (Bradford, 1976) و قرائت میزان جذب نوری محلول حاصل به وسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر (Spectronic Genesys 5، U.S.A) در طول موج 595 نانومتر و با استفاده از منحنی استاندارد،

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی ذرت شیرین تحت تیمارهای تنش خشکی و سطوح فیلتریک

منابع تغییرات Source of variations	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	شاخص سطح برگ LAI	شاخص پایداری غشاء Membrane stability index	شاخص پایداری غشاء Membrane stability index	سلول پتانسیل اسمزی Cell osmotic potential	پروتئین‌های محلول برگ Leaf soluble protein	سodium شوت Shoot sodium	وزن تر بلال Fresh ear weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield
بلوک Block	2	23.83 ^{ns}	0.47 ^{ns}	19.82 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.001 ^{ns}	10.36 ^{ns}	21.60 ^{ns}	146770.9 ^{ns}	581170.9 ^{ns}
سطوح تنش Drought stress (D)	2	5771.76 ^{**}	8.22 ^{**}	775.57 [*]	0.154 ^{**}	0.154 ^{**}	183.78 ^{**}	718.25 ^{ns}	77088568.5 ^{**}	42941691.9 ^{**}
اشتباه اصلی Main error (E _a)	4	125.60	0.47	57.54	0.001	0.001	2.13	114.29	2087243.5	645204.1
فیلتریک Filter cake (Fi)	3	120.45 ^{ns}	0.87 [*]	200.58 [*]	0.006 ^{ns}	0.006 ^{ns}	8.71 ^{ns}	913.01 ^{**}	1070314.7 ^{ns}	716433.7 ^{ns}
D × Fi	6	219.83 ^{**}	0.15 ^{ns}	44.04 ^{ns}	0.011 [*]	0.011 [*]	2.79 ^{ns}	13.64 ^{ns}	879090.4 [*]	3515526.6 [*]
اشتباه فرعی Suberror (E _b)	18	53.77	0.27	65.30	0.003	0.003	24.06	56.43	2242361.5	1167324.8
ضریب تغییرات CV (%)		6.00	8.32	9.68	3.20	3.20	12.31	18.75	17.16	13.9

ns، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی دار. *، ** and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non significant, respectively.

محاسبه گردید. غلظت سدیم اندام هوایی به روش چاپمن و پرات (Chapman & Pratt, 1982) با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر (Jenway, PFP-7) مورد سنجش قرار گرفت.

برای تعیین وزن تر بلال در مرحله خمیری، تعداد 10 بوته از خطوط میانی پس از حذف اثر حاشیه بطور تصادفی انتخاب و سپس با دست برداشت شد. در آزمایشگاه ابتدا پوشش بلال‌ها جدا و وزن تر آن‌ها به وسیله ترازوی دقیق اندازه‌گیری شد سپس پنج بوته به طور تصادفی از بین این بوته‌ها همراه با بلال و پوشش آن به قطعات کوچک تقسیم و در آون با دمای 75 درجه سانتی‌گراد به مدت 72 ساعت نگهداری و در صورت ثابت شدن وزن آن‌ها، با ترازوی دقیق توزین و به عنوان عملکرد بیولوژیک گزارش شده است.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (ver 9.2) انجام گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار LSD^1 در سطح پنج درصد استفاده گردید. در صورت معنی‌داری اثرات متقابل از روش برش‌دهی جهت تفسیر اثر استفاده گردید، همچنین در صورت معنی‌دار شدن اثر سطوح فیلتریک در مورد برخی از صفات، به دلیل شمارشی بودن این فاکتور تجزیه رگرسیونی داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول 2، سطوح مختلف تنش خشکی و برهمکنش تیمارها بر ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برش‌دهی اثرات متقابل تیمارها نشان دهنده تفاوت معنی‌دار ارتفاع گیاه در شرایط بدون تنش و تنش شدید، در میان مقادیر مختلف فیلتریک می‌باشد (جدول 4). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط بدون تنش خشکی کاربرد فیلتریک باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه شده است. به طوری که مقادیر 20 و 30 تن فیلتریک در هکتار در شرایط بدون تنش خشکی باعث افزایش 11/7 و 10/1 درصد ارتفاع اما کاربرد 10 تن فیلتریک اثر معنی‌داری بر روی آن نداشته است. در شرایط تنش شدید کاربرد مقادیر مختلف فیلتریک باعث کاهش معنی‌دار این صفت شده است.

به طوری که، در شرایط تنش شدید کاربرد 30 تن فیلتریک در

1- Least significance difference

دهنده عدم تغییر این صفت در شرایط تنش ملایم و کاهش معنی‌دار آن به میزان 23 درصدی در تیمار تنش شدید نسبت به تیمار شاهد می‌باشد. کاربرد سطوح مختلف فیلتریک باعث افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ شد. به‌طوری که کاربرد مقادیر 10 و 20 تن فیلتریک در هکتار باعث افزایش به یک اندازه (10 درصد) این صفت نسبت به تیمار بدون فیلتریک شد اما مقدار 30 تن، نه تنها باعث افزایش نشد، بلکه باعث کاهش آن نسبت به تیمارهای کاربرد 10 و 20 تن شد، اما این کاهش معنی‌دار نبوده است (شکل 1).

هکتار باعث کاهش 17/8 درصدی ارتفاع نسبت به تیمار بدون فیلتریک گردید (جدول 5). با توجه به شوری بالای فیلتریک، به نظر می‌رسد که در شرایط تنش شدید علاوه بر اثر منفی تنش خشکی، عدم شستشوی مناسب خاک و تجمع نمک در محیط ریشه مزید بر علت بوده و باعث ایجاد تنش شوری و در نتیجه کاهش بیشتر ارتفاع گیاه شده است. همچنین نتایج نشان داد که تنش خشکی در سطح یک درصد و کاربرد فیلتریک در سطح پنج درصد بر شاخص سطح برگ گیاه ذرت شیرین معنی‌دار بود (جدول 2). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در سطوح مختلف تنش در جدول 3 نشان-

جدول 3- نتایج مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف تنش خشکی بر برخی صفات فیزیولوژیک ذرت شیرین
Table 3- Means comparison of effects of drought on some physiological characteristics of sweet corn

سُطوح تنش خشکی Drought stress levels	شاخص سطح برگ Leaf area index	شاخص پایداری غشاء (درصد) Membrane stability index (%)	پروتئین‌های محلول (میلی گرم بر گرم از وزن خشک) Leaf soluble protein (mg.g ⁻¹ DW)
بدون تنش Without stress	6.99 ^a	90.85 ^a	44.19 ^{a*}
تنش ملایم Mild stress	6.53 ^a	84.63 ^a	38.67 ^b
تنش شدید Severe stress	5.38 ^b	74.90 ^b	36.62 ^c

* میانگین‌های دارای حروف مشترک اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون LDS با یکدیگر ندارند.
* Within each column, means followed by the letter(s) are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).

جدول 4- برش‌دهی اثر تیمارها در سطوح تنش خشکی بر برخی صفات مورد بررسی ذرت شیرین
Table 4- Effect of treatments slicing at drought stress levels on some characteristics of sweet corn

سُطوح تنش خشکی Drought stress levels	درجه آزادی df	ارتفاع گیاه Plant height	پتانسیل اسمزی برگ Leaf osmotic potential	وزن تر بلال Fresh ear weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield
بدون تنش Without stress	3	192.1 [*]	0.001 ^{ns}	7005671 [*]	2707203 [*]
تنش ملایم Mild stress	3	109.6 ^{ns}	0.007 ^{ns}	365304 ^{ns}	9472233 ^{ns}
تنش شدید Severe stress	3	258.4 [*]	0.017 ^{**}	7993410 [*]	4093051 [*]

*, **, و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار.
*, **, and ns: are significant at 0.05 and 0.01 probability levels and non significant, respectively.

دسترس کاهش یافته، بنابراین انتقال الکترون در اثر این محدودیت کاهش می‌یابد و در نتیجه سطح برگ به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا می‌کند. همچنین گوی-روی و همکاران (Gui-Rui et al., 2004) اظهار داشتند که کمبود آب قابل دسترس برای گیاه موجب کاهش شاخص سطح برگ و ارتفاع بوته و این امری، به دلیل کاهش فتوسنتز و مواد معدنی و تغییر میزان هورمون‌های گیاهی می‌باشد.

احتمالاً کاهش سطح برگ در شرایط تنش خشکی ناشی از این دلایل می‌باشد که اولاً در این شرایط و شوری ناشی از کاربرد 30 تن فیلتریک، گیاه جهت حفظ بقای خود مقدار بیشتری از انرژی خود را صرف تحمل تنش مانند افزایش پتانسیل اسمزی، مصرف می‌کند. ثانیاً و بر اساس نظر ملکوتی و همکاران (Malakouti et al., 2005)، به‌علت بسته شدن روزنه‌ها در شرایط تنش، CO₂ قابل

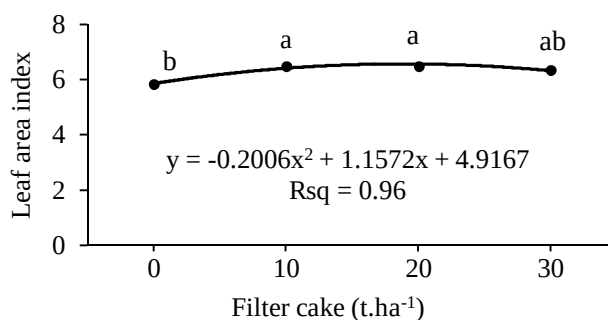
جدول 5- مقایسه میانگین تیمارها بر برخی صفات مورد بررسی ذرت شیرین

Table 5- Mean comparisons of interactions of treatments on some measured traits of sweet corn

تنش خشکی Drought stress	فیلترکیک (تن در هکتار) Filter Cake (t.ha ⁻¹)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	پتانسیل اسمزی برگ (مگاپاسکال) Leaf osmotic potential (Mp)	وزن تر بلال (کیلوگرم در هکتار) Fresh ear weight (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)
بدون تنش Without stress	0	134.3 ^{b*}	-1.58 ^a	21630.2 ^b	12600.3 ^{c*}
	10	142.6 ^{ab}	-1.58 ^a	22518.5 ^{ab}	13382.7 ^{abc}
	20	152.2 ^a	-1.57 ^a	23981.1 ^a	13628.6 ^{ab}
	30	149.5 ^a	-1.57 ^a	25073.8 ^a	14889.3 ^a
تنش ملایم Mild stress	0	120.5 ^a	-1.63 ^a	20970.2 ^a	12600.4 ^a
	10	130.2 ^a	-1.76 ^a	22194.3 ^a	12243.0 ^a
	20	127.6 ^a	-1.69 ^a	21754.6 ^a	11926.2 ^a
	30	117.2 ^a	-1.68 ^a	19678.4 ^a	11277.2 ^a
تنش شدید Severe stress	0	109.3 ^a	-1.71 ^a	19240.1 ^a	11371.4 ^a
	10	107.7 ^a	-1.77 ^{ab}	18777.0 ^{ab}	10128.3 ^{ab}
	20	96.3 ^{ab}	-1.84 ^{bc}	17522.8 ^b	9200.7 ^b
	30	89.9 ^b	-1.88 ^c	16450.3 ^b	8718.9 ^b

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر سطح تنش برای هر صفت تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس آزمون LDS با یکدیگر ندارند.

*Within each column in each drought stress level, means followed by the letter(s) are not significantly different by LSD ($p \leq 0.05$).



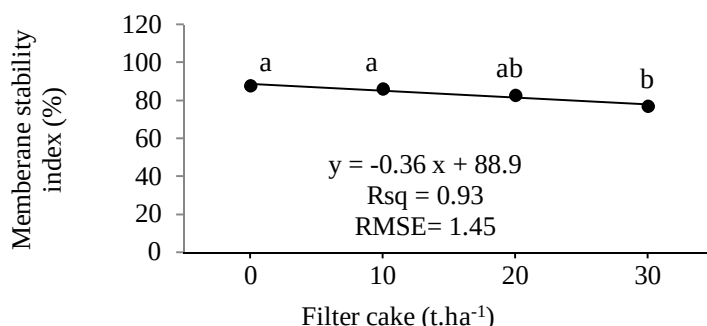
شکل 1- مقایسه میانگین اثر سطوح فیلترکیک بر شاخص سطح برگ ذرت شیرین

Fig. 1- Means comparison effect of filter cake on leaf area index of sweet corn

است، افزایش یافته و در نتیجه شاخص پایداری غشاء سلول در این شرایط به طور معنی‌داری کاهش یافته است. این نتایج با نتایج آزمایش خان و همکاران (Khan et al., 2012) همسو می‌باشد.

اعمال تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار پتانسیل اسمزی سلول‌های برگ پرچم شد، اما کاربرد فیلترکیک اثر معنی‌داری بر روی آن نداشته است. با توجه به نتایج برش‌دهی داده‌ها در جدول 4، کاربرد فیلترکیک در شرایط بدون تنش و تنش ملایم اثر معنی‌داری بر پتانسیل اسمزی برگ نداشته است اما در شرایط تنش شدید اثر آن در سطح یک درصد معنی‌دار بوده است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها، میزان پتانسیل اسمزی در شرایط بدون تنش بیشترین مقدار و با افزایش شدت تنش کاهش یافته است.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هم تنش خشکی و هم کاربرد فیلترکیک در سطح پنج درصد بر شاخص پایداری غشاء معنی‌دار بوده است (جدول 2). تنش ملایم اثر معنی‌داری بر شاخص پایداری غشاء نداشت، اما تنش خشکی شدید باعث کاهش معنی‌دار آن به میزان 17/5 درصد نسبت به تیمار بدون تنش خشکی شده است (جدول 3). همچنین کاربرد مقادیر 10 و 20 تن فیلترکیک اثر معنی‌داری بر روی آن نداشته اما کاربرد 30 تن باعث کاهش 12 درصد آن نسبت به تیمار بدون فیلترکیک گردید (شکل 2). با توجه به رابطه محاسبه این شاخص، در شرایط تنش خشکی شدید و کاربرد زیاد فیلترکیک و به دنبال آن ایجاد تنش شوری، میزان نشت مواد از سلول‌ها، که نشان دهنده آسیب وارد شده به سلول‌ها در شرایط تنش



شکل 2- مقایسه میانگین اثر سطوح فیلترکیک بر شاخص پایداری غشاء برگ ذرت شیرین
Fig. 2- Means comparison effect of filter cake on membrane stability index of sweet corn

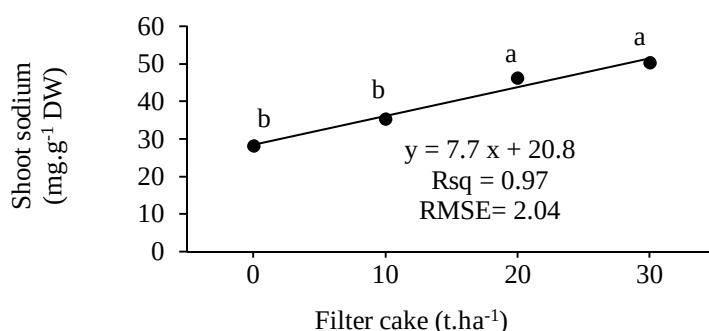
غلظت پروتئین در شرایط تنش که با کاهش آنزیم روبیسکو و نقصان فتوستنتز همراه است، به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین می‌باشد.

کاربرد فیلترکیک باعث افزایش معنی‌دار غلظت یون سدیم در اندام هوایی گیاه ذرت شیرین نسبت به تیمار بدون فیلترکیک شده است. به طوری که کاربرد مقدار 10 تن در هکتار فیلترکیک اثر معنی‌داری بر غلظت یون سدیم نداشته اما کاربرد 20 و 30 تن باعث افزایش به ترتیب 39 و 44 درصد نسبت به شاهد شده است و این نتایج نشان‌دهنده رابطه مثبت بین کاربرد فیلترکیک و افزایش یون سدیم در اندام هوایی می‌باشد (شکل 3). سدیم یکی از نمک‌هایی است که در بالا رفتن هدایت الکتریکی مؤثر می‌باشد و با توجه به بالا بودن هدایت الکتریکی فیلترکیک (13/2 دسی‌زیمنس بر متر)، افزایش مقدار کاربرد آن سبب تجمع نمک در منطقه ریشه و افزایش جذب و غلظت یون سدیم در اندام هوایی گیاه شده است؛ بنابراین، افزایش غلظت یون سدیم در گیاه باعث کاهش جذب پتاسیم و سایر عناصر غذایی و ایجاد تنش اکسیداتیوی و همچنین مختل نمودن برخی فعالیت‌های فیزیولوژی و در نتیجه کاهش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد.

یکی از صفات مهم مرفولوژیک که در گیاه ذرت شیرین مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، عملکرد تر بلال می‌باشد که در زمان برداشت جهت مصرف آن به عنوان بلال سبز صورت می‌گیرد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که فیلترکیک اثر معنی‌داری بر عملکرد تر بلال نداشته اما تنش خشکی و اثر متقابل تیمارها، بر روی این صفت اثر معنی‌داری داشته است (جدول 2).

به طوری که در شرایط تنش شدید و در تیمار بدون کاربرد فیلترکیک مقدار آن 1/71- مگاپاسکال بود که کاربرد 10 تن فیلترکیک در این شرایط اثر معنی‌داری نداشته، اما کاربرد مقادیر 20 و 30 تن باعث کاهش به ترتیب هفت و نه درصد نسبت به تیمار بدون فیلترکیک شده است (جدول 5). مرسدس و همکاران (Mercedes et al., 2006) اعلام نمودند که در اثر اعمال تنش و با توجه به حرکت آب از محیط با پتانسیل اسمزی بیشتر به پتانسیل اسمزی کمتر، گیاه از طریق افزایش غلظت داخل سلول توسط مکانیزم‌هایی مانند افزایش غلظت پرولین، پروتئین‌های محلول و افزایش غلظت عناصری مانند پتاسیم، سبب منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی می‌گردد که این امر منجر به تداوم جذب آب و ایجاد فشار تورگر و تا حدودی حفظ حالت ظاهری گیاه و بقای آن می‌گردد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول 2، تنها اعمال تنش خشکی بر مقدار پروتئین‌های محلول کل (در سطح یک درصد) معنی‌دار بوده است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اعمال تنش خشکی ملایم و شدید باعث کاهش معنی‌دار مقدار پروتئین‌های محلول برگ به ترتیب 12/5 و 17/1 درصد نسبت به تیمار بدون تنش خشکی شده است (جدول 3). کاهش محتوای پروتئین تحت تنش خشکی در نتیجه واکنش پروتئین با رادیکال‌های آزاد و در نتیجه تغییر اسیدآمینه، افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین، کاهش سنتز پروتئین و تجمع اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین مرتبط است (Ranjan et al., 2001). برخی از پژوهشگران رکود سنتز پروتئین‌های محلول را به کاهش تعداد پلی‌زوم‌های سلول نسبت دادند (Neyakani & Ghorbanli, 2007). سی و سه مرده و همکاران (Siosemardeh et al., 2003) گزارش نمودند که کاهش



شکل 3- مقایسه میانگین اثر سطوح فیلترکیک بر غلظت سدیم اندام هوایی ذرت شیرین
Fig. 3- Means comparison effect of filter cake on shoot sodium of sweet corn

تنش خشکی کاربرد فیلترکیک باعث افزایش تولید ماده خشک شده است. به طوری که کاربرد 10 تن فیلترکیک در هکتار اثر معنی‌داری بر روی عملکرد بیولوژیک نداشته اما کاربرد مقادیر 20 و 30 تن باعث افزایش به ترتیب 7/5 و 15/4 درصد نسبت به تیمار بدون فیلترکیک شده است. در این شرایط احتمالاً آبیاری به موقع و عدم تجمع نمک سدیم در محیط ریشه و همچنین عدم آسیب به غشاء سلول و کاهش پایداری آن میزان تولید ماده خشک در اثر افزایش کاربرد فیلترکیک افزایش معنی‌داری پیدا کرده است. در شرایط تنش شدید کاربرد 10 تن فیلترکیک در هکتار اثر معنی‌داری بر میزان عملکرد بیولوژیک نداشته است، اما کاربرد 20 و 30 تن باعث کاهش به ترتیب 19 و 23 درصدی آن نسبت به تیمار بدون فیلترکیک شده است. به طور کلی، بیشترین مقدار تولید ماده خشک گیاه در شرایط بدون تنش خشکی و کاربرد 30 تن فیلترکیک در هکتار به میزان 14889/3 کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار تنش شدید و کاربرد 30 تن فیلترکیک با 41/4 درصد کاهش به میزان 8718/9 کیلوگرم در هکتار به دست آمده است (جدول 5).

نتیجه‌گیری

فیلترکیک دارای ماهیت فیزیکی مشابه کود دامی می‌باشد و رنگ تیره آن باعث می‌شود که کاربرد آن در آخر فصل زمستان در کشت بهاره ذرت شیرین سبب افزایش دمای خاک، اصلاح فیزیکی خاک و در نتیجه تسریع خروج گیاهچه‌ها از خاک و رشد اولیه آن‌ها می‌گردد. همچنین به دلیل اختلاط و مدفون شدن آن با خاک آسیمی به جوانه‌زنی گیاه وارد نمی‌کند. نتایج این آزمایش نشان داد که در تنش آخر فصل، رشد و عملکرد تیمارهای دارای فیلترکیک به طور

نتایج برش‌دهی اثرات متقابل نشان داد که فیلترکیک در تنش خشکی ملایم هیچ گونه اثر معنی‌داری بر وزن تر بلال ذرت ندارد (جدول 4). مقایسه میانگین تیمارها در جدول 5 نشان داد که کاربرد فیلترکیک در شرایط بدون تنش باعث افزایش و در شرایط تنش شدید باعث کاهش عملکرد تر بلال شده است. به طوری که کاربرد 10 تن فیلترکیک در شرایط بدون تنش اثر معنی‌داری بر روی آن نداشته لیکن مقادیر 20 و 30 تن باعث افزایش به ترتیب 10 و 13/7 درصد آن نسبت به شاهد گردید و در شرایط تنش شدید کاربرد مقادیر 20 و 30 تن فیلترکیک در هکتار باعث کاهش به ترتیب 9 و 14/5 درصدی عملکرد تر بلال گردید، بنابراین، بیشترین و کمترین مقدار عملکرد تر بلال از تیمارهای به ترتیب بدون تنش خشکی و کاربرد 30 تن فیلترکیک (25073/8 تن در هکتار) و تیمار تنش شدید و کاربرد 30 تن فیلترکیک در هکتار (16450/3 تن در هکتار) به دست آمده است. بنابراین در شرایط بدون تنش و کاربرد فیلترکیک احتمالاً به دلیل فراهم بودن رطوبت و امکان جذب عناصر غذایی و همچنین بالا بودن شاخص پایداری غشاء سلول و کاهش تجمع سدیم در محیط ریشه، عملکرد تر بلال بالا و در شرایط تنش خشکی شدید به دلیل وقوع هم‌زمان تنش خشکی و شوری ناشی از تجمع نمک در محیط ریشه، عملکرد در اثر کاربرد فیلترکیک افت معنی‌داری داشته است.

نتایج برش‌دهی اثر متقابل تنش خشکی و فیلترکیک در سطوح تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش شدید کاربرد فیلترکیک در سطح پنج درصد معنی‌دار بود اما در شرایط تنش ملایم اثر معنی‌داری بر این شاخص نداشته است (جدول 4). مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارها نشان داد که در شرایط بدون

بهاره در استان خوزستان می‌گردد. (2) کاربرد فیلترکیک از طریق اصلاح فیزیکی خاک، باعث یکنواختی جوانه‌زنی و تسریع رشد اولیه محصول و در شرایط بدون تنش خشکی باعث افزایش عملکرد اقتصادی می‌شود. (3) در شرایط تنش خشکی، کاربرد فیلترکیک به دلیل شوری بالا و تجمع نمک در محیط ریشه باعث ایجاد تنش ثانویه اکسیداتیوی و افزایش آسیب به غشاء سلول و در نتیجه کاهش عملکرد اقتصادی می‌گردد؛ بنابراین بر اساس نتایج این آزمایش و با توجه به فراوانی این نوع کود آلی در استان خوزستان و افزایش استفاده از آن به عنوان اصلاح کننده فیزیکی خاک توسط خرد کشاورزان پیشنهاد می‌شود که در مزارع بدون تنش خشکی، بعد از مطالعه اثرات دراز مدت فیلترکیک بر روی خاک و چرخه عناصر غذایی و در صورت تایید نتایج، مورد استفاده قرار بگیرد.

معنی‌داری کاهش یافته است. در شرایط بدون تنش خشکی کاربرد فیلترکیک باعث افزایش معنی‌دار عملکردهای بلال و دانه، ارتفاع گیاه شد اما اثر معنی‌داری بر صفات فیزیولوژیکی اندازه‌گیری شده نداشته است. کاربرد فیلترکیک صرف‌نظر از شرایط تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار غلظت یون سدیم در اندام هوایی گیاه ذرت شیرین گردید؛ بنابراین در شرایط تنش خشکی، کاربرد فیلترکیک سبب افزایش تجمع نمک سدیم در محیط ریشه و اولاً باعث افزایش جذب عنصر سدیم توسط گیاه، ایجاد تنش اکسیداتیوی و در نتیجه تخریب غشاء سلول شده و ثانیاً احتمالاً باعث کاهش جذب عناصر غذایی دیگر توسط گیاه می‌گردد.

به طوری کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که: (1) تنش خشکی باعث کاهش رشد و عملکرد بلال و دانه گیاه ذرت شیرین در کشت

منابع

- Alizadeh, A. 2008. Soil and plant water relations. Compilation. Publication of Imam Reza, Mashhad, Iran p. 132-146. (In Persian)
- Ashraf, M. 2009. Biotechnological approach of improving plant salt tolerance using antioxidants as markers. *Biotechnology Advances* 27: 84-93.
- Bradford, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1982. *Methods of Plant Analysis*. In: I. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Water*. Chapman Publishers, Riverside, CA.
- Gui-Rui, Y., Wangm, Q.F., and Zhuang, J. 2004. Modeling the water use efficiency of soybean and maize plants under environmental stresses: application of a synthetic model of photosynthesis-transpiration based on stomatal behavior. *Plant Physiology* 161: 303-318.
- Hashemi Dezfoli, S.A., Alami Said, K., Siedet, S.A., and Komeyli, M. 2001. Effect of planting date on yield potential of two cultivars of sweet corn in the climate of Khuzestan. *Journal of Agricultural Sciences* 32: 82-94. (In Persian with English Summary)
- Jesus, A., and Enriquez, D. 2001. Evaluation of organic-mineral fertilizer of filter cake on yield and quality of sugarcane. *Institute National of Investigation, Brazil*. 73 pp.
- Juan, F.L. 1989. Application of Filter Muds to Sugarcane Soils. *Huastecas Experiment Station, CD. Valles, S.L.P., Mexico* 127 pp.
- Khan, S.U., Bano, A., Ud-din, J., and Ggurmani, A.R. 2012. Absciscic acid and salicylic acid seed treatment as potent inducer of drought tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pakistan Journal of Botany* 44: 43-49.
- Malakouti, M.J., Moshiri, F., and Ghaibi, M.N. 2005. Optimum levels of nutrients in soil and some agronomic and horticultural crops. *Soil and Water Research Institute. Technical Bulletin*. Karaj, Iran. No. 405. (In Persian)
- Martin, J.P., and Haider, K. 1998. Decomposition of specifically labeled carbon-14 labeled frolic acid free and linked into model humic acid-type polymers. *Soil Science Society of American Journal* 40: 377-380.
- Mercedes, R., Romero, A., Oliva, J., and Jesus, C. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. *Journal of Plant Physiology* 163: 847-855.
- Mohammadi, A.A., Majid, A., Bihamta, M.R., and Heydari Sharifabadi, H. 2006. Evaluation of drought stress on the morphological characteristics of cultivated wheat varieties. *Journal of Research and Development* 73: 184-192. (In Persian with English Summary)

- Neyakani, M., and Ghorbanli, M. 2007. The effect of drought stress on growth parameters, photosynthetic factors, content of protein, Na and K in shoot and root in two soybean cultivars. Herbs 8: 17-31. (In Persian with English Summary)
- Poshtdar, A., Siedet, S.A., Abdali Mashhadi, A., Moosavi, S.A., and Hamdi, H. 2012. Comparison between application of PGPR bacteria and chemical fertilizers on quality and total silage yield of maize under different organic seed bed. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 4: 713-717.
- Ranjan, R., Bohra, S.P., and Jeet, A.M. 2001. Book of Plant Senescence. Jodhpur, Agro bios New York p. 18-42.
- Sairam, R.K., Chandrasekhar, V., and Srivastava, G.C. 2001. Comparison of hexaploid and tetraploid wheat cultivars in their response to water stress. Biologia Plantarum 44: 89-94.
- Saneoka, H., Moghaieb, R.E.A., Premachandra, G.S., and Fujita, K. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relations in *Agrostis palustris* Huds. Environmental and Experimental Botany 52: 131-138.
- Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Ebrahimzadeh, H. 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science 34: 93-106. (In Persian with English Summary)
- Tas, S., and Tas, B. 2007. Some physiological responses of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in turkiye. World Journal of Agricultural Sciences 3: 178-183.



Effect of Filter Cake on Physiological Traits and Ear Yield of Sweet Corn under Late Drought Stress Condition

A. Karmollachaab^{1*}, A. Siadat², H. Hamdi³, H. Monjezi⁴ and A. Kochakzadeh⁵

Submitted: 21-01-2015

Accepted: 13-06-2015

Karmollachaab, A., Siadat, A., Hamdi, H., Monjezi, H., and Kochakzadeh, A. 2017. Effect of Filter Cake on physiological traits and ear yield of sweet corn under late drought stress condition. *Journal of Agroecology* 9(2): 421-432

Introduction

Environmental stresses are one of the main causes of severe yield reductions. Drought is still a serious agronomic problem and also one of the most important factors contributing to crop yield loss in arid and semi-arid areas in the world. Filter Cake is a byproduct of sugarcane industry and experiments on corn showed that the use of 20 t.ha⁻¹ Filter Cake increases crop productivity, total amount of dry matter, protein and forage yield compared with the control.

Materials and Methods

This experiment was conducted at the Research Station of the Ramin Agricultural University of Khuzestan in 2012. The experiment was done as a split plot based on randomized complete block design with three replications. Drought stress at the end of the growth period in three levels, non-stress, mild and severe drought stress, respectively irrigated after 25, 50 and 75% depletion of available water, and was considered as the main factor. Drought stress was applied in early stage of the male inflorescence of plants to maturity for 35 days, due to the critical stage of the plant in late spring. Soil moisture was determined by gravimetric method. Different doses of Filter Cake (0, 10, 20 and 30 t.ha⁻¹) were considered as subplot factor and was added to the soil two days before the seeding. The final harvest as green corn was performed in the first phase of dough by hand in three times and two midfields of each subplot was considered as the margin of half a meter for each side. Finally, the data were analyzed using SAS 9.1 and means were compared by Duncan's multiple range test at probability level of 5%.

Results and Discussion

In non-stress conditions, Filter Cake is significantly increased plant height, So the amounts of 20 and 30 t.ha⁻¹ increased by 11.7% and 10.1% of the plant's height, respectively, but the use of 10 t.ha⁻¹ of Filter Cake did not have a significant effect on it. In severe stress conditions, the use of different levels of Filter Cake significantly reduced the plant's height. Although Mild stress did not have a significant effect on membrane stability index, severe drought stress reduced it about 17.5% compared with non-stress treatments. The osmotic potential in normal conditions was the highest, however, it was decreased with increasing stress. Therefore, in severe stress conditions and treatment without Filter Cake, osmotic potential was -1.71 MPa. Mild and severe drought stress significantly reduced soluble proteins of the leaf by 12.5% and 17.1%, respectively compared with the control. Application of 10 t.ha⁻¹ of Filter Cake had no significant effect on sodium ion concentration, but using 20 and 30 t.ha⁻¹ of Filter Cake increased the concentration by 39% and 44%, respectively compared with the control. The use of 10 t.ha⁻¹ of Filter Cake in non-stress conditions had no significant effect on Na, but using 20 and 30 t.ha⁻¹ of Filter Cake increased the amount of Na by 10% and 13.7%, respectively compared with the control. In severe stress conditions, the use of 20 and 30 t.ha⁻¹ of Filter Cake decreased fresh weight yield by 9% and 14.5%, respectively. Under non-stress conditions, the use of Filter Cake led to increased dry matter production. In severe stress conditions the use of 10 t.ha⁻¹ of Filter Cake did not have significant effects on biological yield, but

1, 2, 3, 4 and 5- PhD Student of Agronomy, Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Director of sugarcane research and training institute, Former Msc student of Agronomy and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.43665

application of 20 and 30 t.ha⁻¹ of Filter Cake decreased biological yield by 19% and 23%, respectively compared with treatment without Filter Cake.

Conclusion

The results showed that: (1) Drought stress reduces the growth and yield of sweet corn and economic benefit in spring planting in Khuzestan province. (2) The use of Filter Cake through physical modification of the soil, causes uniformity of germination and early growth acceleration of product, and in non-stress conditions increases economic performance. (3) In drought stress conditions, the use of Filter Cake, due to high salinity and salt accumulation in the root zone, causes secondary oxidative stress and increases damage to cell membranes and reduces the economic benefit.

Keywords: Biological yield, Leaf osmotic potential, Membrane stability index, Soluble protein



ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) در شرایط محدودیت آب انتهای فصل

سمیه سهیلی موحد^{1*}، محمد علی اسماعیلی²، فرهاد جباری³ و عقیل فولادی⁴

تاریخ دریافت: 1393/12/20

تاریخ پذیرش: 1394/05/04

سهیلی موحد، س.، اسماعیلی، م.ع.، جباری، ف.، و فولادی، ع. 1396. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد برخی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*) در شرایط محدودیت آب انتهای فصل. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 433-444.

چکیده

لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی حساس به تنش خشکی است، در عین حال در این گیاه از لحاظ مقاومت به خشکی تنوع ژنتیکی مشاهده می‌شود. به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام لوبیا چیتی کشت شده در استان زنجان، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان، در سال 1391 به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، انجام شد. سطوح آبیاری (شاهد و تنش خشکی) در کرت‌های اصلی و ارقام لوبیا چیتی (محلی خمین، صدری، Ks21193 و Ks21189) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج به دست آمده نشان داد که تنش خشکی، ژنوتیپ و اثر متقابل تنش در ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود، تنها استثنا در صفت عملکرد بیولوژیک بود که میان ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. تنش خشکی تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت را کاهش داد. یافته‌ها نشان داد که در شرایط تنش خشکی بیشترین تعداد غلاف در بوته (9/2)، تعداد دانه در غلاف (2/91)، عملکرد دانه (741/6 کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (2857 کیلوگرم در هکتار) و شاخص برداشت (27/31 درصد) متعلق به ژنوتیپ Ks21189 بود. همچنین این ژنوتیپ افت کمتری از نظر صفات مذکور در شرایط محدودیت آب داشت. بنابراین، پایداری بیشتری در شرایط تنش کم-آبی نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها نشان داد. لذا به نظر می‌رسد می‌توان آن را به عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش کمبود آب معرفی کرد. ژنوتیپ صدری با کاهش عملکرد 80/18٪ حساسترین ژنوتیپ به کمبود آب بود. بررسی ضرایب همبستگی، نشانگر همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف با عملکرد دانه می‌باشد. به عبارت دیگر ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی عملکرد بیولوژیک بالاتری دارند، تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف بیشتری تولید کرده و نهایتاً عملکرد بالاتری دارند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، Ks21189

مقدمه

باشد که سهم عمده‌ای در رژیم غذایی انسان دارد و تأمین‌کننده بخش مهمی از پروتئین مورد نیاز انسان است. 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 حدود 97300 هکتار بوده و مجموع تولید آن در حدود 208350 تن دانه می‌باشد (Anonymous, 2006). با توجه به قرار گرفتن ایران در اقلیم خشک و نیمه‌خشک جهان، توجه به اثرات تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گیاه ضروری به نظر می‌رسد. خشکی یا تنش کمبود آب مهم-

لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) یکی از مهمترین حبوبات می-

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان و دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل (*- نویسنده مسئول: Email: Somayyeh_soheili@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.45184

ترین عامل محیطی است که اثرات شدید منفی بر عملکرد محصولات کشاورزی در سراسر جهان دارد، به‌خصوص هنگامی که تنش آب در مرحله رشد زایشی رخ دهد، تولید محصول را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Pareek et al., Selote & Khana-Chopra, 2004).
 2010. لوبیا گیاهی با رشد سریع است (Tran & Singh, 2002); بنابراین باید آب کافی خاک در دسترس باشد تا رشد و عملکرد مطلوب آن تأمین شود (Khoshvaghti, 2006). تجمع ماده خشک به‌عنوان یک صفت مهم برای حصول عملکرد بالا در حبوبات مورد توجه است (Saxena et al., 1990). تفاوت معنی‌داری در تجمع ماده خشک بین ارقام مختلف لوبیا که تحت تنش رطوبتی متوسط تا شدید قرار داشتند، گزارش شده است (Rosales-Serna et al., 2002). اغلب یک همبستگی مثبت و قوی بین کل ماده خشک تولیدی و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش رطوبتی مشاهده گردیده است (Shenkut & Brick 2003). بر اساس گزارش چاوز و همکاران (Chavez et al., 2002)، علاوه بر تجمع ماده خشک، تسهیم مواد پرورده بین اندام‌های مختلف گیاه در تعیین عملکرد اقتصادی بسیار مهم است. تنش رطوبتی باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد دانه لوبیا می‌شود، البته مقدار کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد مطالعه، متفاوت است (Shenkut & Brick, 2003; Frahm et al., 2004). غالباً کاهش عملکرد در لوبیا، به اثر آن بر اجزای عملکرد نسبت داده می‌شود (Gebeyehu, 2006).

در گیاهانی مانند لوبیا اجزای عملکرد دانه را تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن متوسط دانه تشکیل می‌دهند (Santos et al., 2006). اهمیت هر یک از اجزاء در تعیین عملکرد از آزمایشی به آزمایش دیگر متفاوت گزارش شده است (Shenkut & Brick, 2003). چانگ و گلدن (Chung & Goulden, 1971) تعداد کل غلاف در بوته را مهمترین خصوصیت تعیین‌کننده عملکرد لوبیا گزارش کردند، درحالی‌که سایر محققان علاوه بر آن، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه را نیز در تعیین عملکرد مهم دانسته‌اند (Singh, 1999). در آزمایشات دیگر نیز تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف از مهمترین اجزای عملکرد شناخته شده‌اند (Khoshvaghti, 2006).

هدف این آزمایش، تعیین بهترین زمان آبیاری و بررسی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا چیتی به تنش کمبود آب و همچنین اثر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد لوبیا بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، واقع در پنج کیلومتری جاده زنجان-تبریز در سال 1391 انجام شد. در این تحقیق از چهار رقم لوبیا چیتی استفاده شد. خاک مزرعه محل آزمایش از نوع لوم رسی با اسیدیته 8/18 بود.

جدول 1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

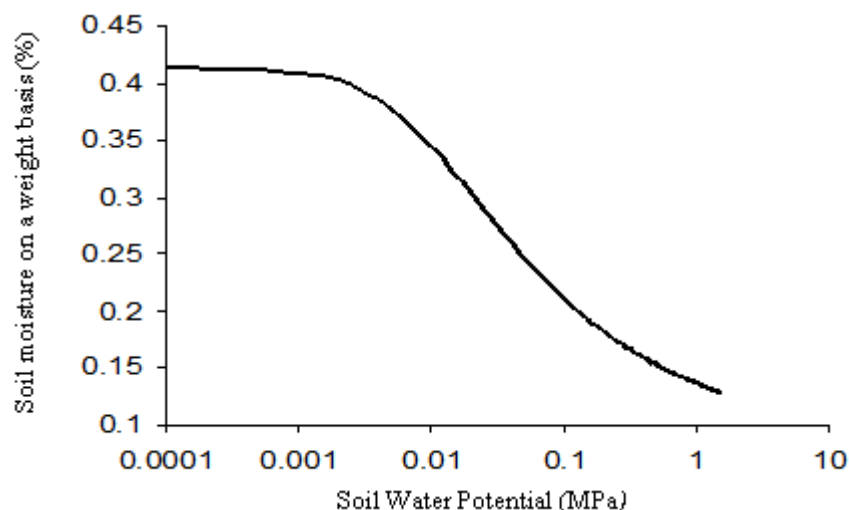
Table 1- Soil physical and chemical characteristics of experimental location

پتاسیم (پی‌پی‌ام) K (ppm)	فسفر (پی‌پی‌ام) P (ppm)	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	اسیدیته (pH)	ماده آلی (درصد) Organic material (%)
266	5.6	0.07	42	27	31	8.18	1.21

بوته روی ردیف 20 سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها 50 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌منظور جلوگیری از نشت آب از کرت‌های تحت آبیاری و جوی‌ها به سایر کرت‌ها، بین آن‌ها 2 متر فاصله در نظر گرفته شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز، دو مرحله وجین دستی (همزمان با تنک کردن بوته‌ها و یک ماه پس از آن) انجام گرفت. طرح آزمایشی مورد استفاده کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار بود. سطوح آبیاری (شاهد و تنش خشکی) در کرت‌های

زمین محل اجرای آزمایش در پاییز سال 1390 شخم و در اواخر اردیبهشت ماه سال 1391 دیسک زده شد. سپس با استفاده از لولر تسطیح و به‌صورت جوی و پشته درآمد. کود اوره باتوجه به آزمون خاک، به‌میزان 25 کیلوگرم نیتروژن در هکتار، پتاس 50 کیلوگرم K_2O در هکتار و فسفر نیز از منبع فسفات آمونیوم به‌میزان 70 کیلوگرم P_2O_5 در هکتار قبل از کاشت، به خاک اضافه گردید. عملیات کاشت در تاریخ 10 خرداد ماه 1391 انجام پذیرفت. فاصله دو

خاک آن به 2- مگاپاسکال رسید. به‌همین‌منظور ابتدا منحنی رطوبتی خاک که رابطه بین درصد رطوبت خاک و پتانسیل آب خاک می‌باشد، در آزمایشگاه خاکشناسی ترسیم شد. در هنگام اعمال تنش بعد از نمونه‌برداری از خاک درصد رطوبت آن تعیین و از روی منحنی مذکور پتانسیل آب خاک تعیین شد.



شکل 1- منحنی رطوبتی خاک محل انجام آزمایش

Fig. 1- Tested soil moisture curve

دقیق (با دقت 0/01 گرم) توزین و میانگین آن برای تجزیه آماری مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین شاخص برداشت عملکرد بخش اقتصادی (در مورد لوبیا چیتی، عملکرد دانه) هر کرت را بر عملکرد بیولوژیک (کل بیوماس بالای خاک) همان کرت تقسیم کرده و حاصل در 100 ضرب شد.

نتایج حاصل از عملکرد و اجزای عملکرد دانه با استفاده از نرم-افزار SAS 9.0 مورد تجزیه واریانس قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش، رقم و اثرات متقابل تنش در رقم در سطح یک درصد برصفت تعداد غلاف در بوته معنی-دار است (جدول 2). بر اساس جدول مقایسه میانگین (جدول 3) رقم صدری در تیمار آبیاری نرمال با میانگین 16/47 غلاف در بوته بیشترین و در شرایط تنش خشکی با کاهش چشمگیر 72/55 درصد

اصلی و ارقام لوبیا چیتی (محلی خمین، صدری، Ks21193 و Ks21189) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت صورت گرفت و همه کرت‌ها تا مرحله گلدهی طبق طبق روال منطقه آبیاری شدند. بعد از مرحله گلدهی اعمال تنش آغاز گردید. تیمار تنش در صورتی آبیاری شد که پتانسیل آب

تیمار شاهد نیز بر حسب روال معمول آبیاری شد. برای اندازه-گیری کلیه صفات آزمایشی، از دو خط کناری هر کرت و از هر کرت، از نیم متر اول و آخر برای حذف اثر حاشیه‌ای چشم‌پوشی شد و از قسمت‌های باقیمانده نمونه‌برداری انجام گرفت.

نمونه‌برداری به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد در انتهای دوره رشد و رسیدگی نهایی انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از سه خط وسط کرت با رعایت اصول نمونه‌برداری بوته‌های موجود در مساحت دو مترمربعی به‌صورت کف‌بر برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اندازه‌گیری شد. مقادیر به‌دست‌آمده برای انجام محاسبات آماری به کیلوگرم در هکتار تبدیل شدند. برای اندازه‌گیری تعداد دانه در غلاف، 10 بوته از هر کرت انتخاب و تعداد دانه در غلاف مورد شمارش و میانگین آن‌ها مورد تجزیه آماری قرار گرفت. برای اندازه‌گیری تعداد غلاف در بوته 10 بوته از هر کرت انتخاب و میانگین تعداد غلاف‌ها محاسبه گردید. وزن صد دانه نیز با استفاده از سه نمونه دانه 100 تایی از بذرهایی حاصل از عملکرد محاسبه گردید. بدین‌صورت که بذور با ترازوی

نسبت به آبیاری نرمال کمترین تعداد غلاف در بوته را در بین تیمارهای آزمایشی دارا بود. تعداد غلاف در بوته در ارقام محلی خمین، Ks21193 و Ks21189 به ترتیب 40/91، 61/98 و 34/38 درصد نسبت به آبیاری نرمال کاهش یافت. علت کاهش شدید تعداد غلاف در بوته، افزایش میزان ریزش گل و غلاف در فواصل زیاد آبیاری است. به‌طوری‌که در اثر تنش رطوبتی، طول دوره رویشی و زایشی گیاهان کاهش یافته (De Souza et al., 1997; Wakrim et al., 2008; Meckle et al., 1984) و در نتیجه ساخت مواد فتوسنتزی نقصان پیدا کرده است و به‌علت کمی مواد فتوسنتزی، رقابت درون‌بوته‌ای افزایش یافته و نه تنها تعداد گل کمتری در هر بوته تشکیل شده، بلکه ریزش گل نیز زیاد شده و در نتیجه، تعداد غلاف کمتری در بوته ایجاد شده است. هرچند در این آزمایش میزان ریزش گل و غلاف اندازه‌گیری نشد؛ ولی با توجه به مشاهدات می‌توان ریزش گل‌ها و همچنین غلاف‌ها در مراحل اولیه تشکیل را یکی از علل اصلی کم بودن تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش دانست. البته تشکیل کمتر تعداد گل و غلاف را نباید از نظر دور داشت. در بوته‌های تحت این رژیم پس از هر نوبت آبیاری تعداد زیادی غلاف جدید تشکیل می‌شد ولی اغلب این غلاف‌ها در اثر تنش خشکی ناشی از زیاد بودن فواصل آبیاری دچار ریزش می‌شدند. به‌نحوی که در هنگام آبیاری بعدی فقط درصد کمی از این غلاف‌ها بر روی بوته باقی می‌ماندند. پژوهش زینلی قلی‌آباد (Zeinali Gholiabad, 1995) در مورد کاهش تعداد غلاف در بوته لوبیا چیتی در اثر تنش خشکی، نتایج آزمایش ما را تایید کرد. همچنین با توجه به رشد نامحدود بودن لوبیا هر چه گیاه در شرایط تنش زودتر برسد، تعداد غلاف کمتری فرصت ایجاد دارند. در آزمایشی دیگر بیان کردند که تعداد غلاف در گیاه لوبیا در مقایسه با تعداد دانه در غلاف حساسیت بیشتری به تنش دارد (Loss & Siddique, 1997). کاهش 53/58 درصدی تعداد غلاف در بوته در شرایط تنش نسبت به شرایط آبیاری مطلوب در مقایسه با کاهش 28/52 درصدی تعداد دانه در غلاف در این آزمایش با نتایج این تحقیقات مطابقت دارد. در این آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری از نظر تعداد غلاف در بوته با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ($r=0/94^{**}$) گزارش شد (جدول 4). نتایج حاصل از اثرات متقابل آبیاری و رقم (جدول 3) مؤید این مسئله است. بنابر اعتقاد بسیاری از محققین در بین اجزای عملکرد، تعداد غلاف در بوته مهمترین صفت در تعیین عملکرد لوبیا بوده و بیشترین همبستگی را با

عملکرد دانه دارا می‌باشد (Anld et al., 1988; Cox & Jolliff, 1986). در مطالعه‌ای دیگر رابطه علیت بین عملکرد اجزاء عملکرد لوبیا را تعیین و گزارش کردند که تعداد غلاف در گیاه بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه دارا بوده است (Adams & Duarte, 1972). دیمووا و اسوتلوا (Dimova & Svetleva, 1992) نیز اعلام نمودند تعداد غلاف در گیاه روی وزن دانه به‌طور مستقیم و غیر مستقیم اثر زیادی دارد. براساس آزمایش لاس و سدیک (Loss and Siddique, 1997) بر روی باقلا (*Vicia faba* L.) مشخص گردید که میزان عملکرد این گیاه، با تعداد غلاف در واحد سطح همبستگی شدیدی دارد.

تعداد دانه در غلاف

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار از این نظر بین تیمارهای تنش و رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل تنش در رقم در سطح پنج درصد بود (جدول 2). جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم در تنش (جدول 3) گویای آن بود که در شرایط آبیاری نرمال تمامی ارقام در یک گروه آماری قرار گرفتند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها دیده نشد؛ ولی با این وجود رقم Ks21189 با میانگین 3/32 دانه در غلاف بیشترین مقدار را دارا بود. در شرایط تنش خشکی بیشترین و کمترین تعداد دانه در غلاف به ترتیب به ارقام Ks21189 و صدی تعلق داشت. همچنین کاهش تعداد دانه درغلاف در ارقام محلی خمین، صدی، Ks21193 و Ks21189 به ترتیب 20/13، 49/05، 32/21 و 12/35 درصد نسبت به آبیاری نرمال مشاهده شد. پژوهش‌های نیلسون و نلسون (Nielsen & Nelsen, 1998) نشان می‌دهد که وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی می‌تواند موجب کاهش تعداد دانه درغلاف‌های لوبیا گردد. علاوه براین، در مورد تأثیر زمان اعمال تنش خشکی برروی سویا (*Glycine max* L.) مشخص گردید که تنش‌های ابتدایی در مرحله پرشدن دانه موجب کاهش تعداد دانه درهرغلاف می‌گردد، در صورتی که تنش‌های انتهایی در همین مرحله، وزن دانه را کاهش می‌دهد (Desclaux & Roumet, 1996).

بوترا و ساندرز (Boutraa & Sanders, 2001) گزارش کردند که تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیا تحت تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری قرار نگرفت. نتایج این پژوهشگران نشان داد که در گیاه لوبیا تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر ژنوتیپ قرار دارد و تحت تأثیر محیط قرار

نمی‌گیرد (Khoshvaghti, 2006).

همبستگی بالای تعداد دانه در غلاف با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی ($r=0.93^{**}$) مشاهده شد (جدول 4). آگوستا-گالگوست و همکاران (Acosta-Gallegos et al., 1984) بیان کردند که ارقامی که دارای بیشترین عملکرد در شرایط تنش بوده‌اند بیشترین تعداد دانه در غلاف را نیز دارا بوده‌اند.

وزن صد دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش و اثرات متقابل تنش در رقم در سطح یک درصد و اثر ارقام در سطح پنج درصد، بر وزن صد دانه معنی‌دار است (جدول 2). بیشترین و کمترین میانگین وزن صد دانه در تیمار آبیاری نرمال به ترتیب در ارقام صدری (48/55 گرم) و محلی خمین (32/31 گرم) مشاهده شد. لاین Ks21189 در تیمار تنش، کمترین وزن صد دانه (29/62 گرم) را به خود اختصاص داد (جدول 3). دلیل این موضوع زیاد بودن تعداد دانه در غلاف و همچنین تعداد غلاف در بوته در ژنوتیپی مثل لاین Ks21189 می‌باشد که باعث کاهش مواد تخصیص یافته به هر دانه می‌گردد. کاهش وزن صد دانه در اثر تنش خشکی می‌تواند نتیجه کاهش طول مراحل رشد رویشی و زایشی در اثر تنش رطوبتی (Wakrim et al., 2005; De Souza et al., 1997) باشد که باعث کوتاه‌شدن طول دوره مؤثر پرشدن دانه و نیز کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی شده و در نهایت، موجب تقلیل وزن صد دانه در تیمارهای تنش گردید. لاس و سدیک (Loss & Siddique, 1997) در آزمایش خود بر روی باقلا، کاهش وزن صد دانه را بر اثر تنش خشکی گزارش دادند. این کاهش را بررسی‌های گرزسیاک و همکاران (Grzesiak et al., 1989) و سالمی و همکاران (Salemi et al., 2015) نیز تأیید کرده‌اند. عدم همبستگی وزن صد دانه با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (جدول 4) نشان داد که تلاش برای افزایش عملکرد از طریق افزایش وزن صد دانه مناسب نیست.

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح تنش، رقم و اثر متقابل تنش در رقم از لحاظ عملکرد دانه بود (جدول 2)، به‌طوری‌که عملکرد دانه نسبت به تنش واکنش منفی نشان داده و در شرایط تنش از مقدار آن کاسته شد. بر

اساس مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش در رقم (جدول 3)، صدری در شرایط آبیاری نرمال با میانگین عملکرد 2538/39 کیلوگرم در هکتار بیشترین و محلی خمین با میانگین 1365/2 کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را دارا بودند. میزان کاهش عملکرد در شرایط تنش نسبت به آبیاری نرمال در ارقام محلی خمین، صدری، Ks21193 و Ks21189 به‌ترتیب 51/01، 60/74 و 56/81 درصد مشاهده شد. ارقام Ks21189 و محلی خمین دارای بالاترین عملکرد در شرایط تنش خشکی بودند و پایداری بیشتری نیز نسبت به کم‌آبی نشان دادند. سایر محققان (Samarah, 2005; Fanaei et al., Mayek-Pere et al., 2002; Kisman, 2003; 2017) در آزمایش‌های خود تأثیر کمبود آب در طول دوره رشد گیاه به‌ویژه در مرحله تشکیل و پر شدن دانه را بر عملکرد آن مورد تأیید قرار داده‌اند.

نتایج حاصل از پژوهش خوشوقتی (Khoshvaghti, 2006) نیز مؤید نتایج ما می‌باشد. به اعتقاد وی کاهش معنی‌دار عملکرد دانه تحت تنش خشکی می‌تواند از کاهش درصد سبز زمین در هنگام گلدهی، پایین بودن دوره مؤثر پر شدن دانه‌ها و در نتیجه کاهش تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه بر اثر کمبود آب ناشی گردد. به نظر او دلیل اصلی پایین بودن عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی کاهش تعداد نیام در بوته می‌باشد. شن‌کات و بریک (Shenkut & Brick, 2003) و فرام و همکاران (Frahm et al., 2004) نیز گزارش کردند که تنش رطوبتی باعث کاهش عملکرد دانه لوبیا می‌شود، اما کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش و نیز ژنوتیپ مورد استفاده ممکن است بسیار متفاوت باشد.

تیران و سینگ (Teran & Singh, 2002) در بررسی 36 ژنوتیپ لوبیا چیتی گزارش کردند که در اثر تنش خشکی، عملکرد دانه 53 درصد، وزن صد دانه 13 درصد و تعداد روز تا رسیدگی 3 درصد کاهش یافت.

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف معنی‌داری در مورد اثرات اصلی تیمارهای آبیاری و اثرات متقابل آبیاری در رقم در سطح یک درصد بر عملکرد بیولوژیک نشان داد؛ ولی اثر اصلی ارقام معنی‌دار نشد (جدول 2). بررسی اثرات متقابل آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک (جدول 3)، نشان می‌دهد که در تیمار آبیاری نرمال لاین

صدری بیشترین و در تیمار تنش کمترین عملکرد بیولوژیکی را به ترتیب با مقادیر 5339/5 و 2301/2 کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داده است، که این امر نشان دهنده پتانسیل بالای تولید ماده خشک در این ژنوتیپ در شرایط آبیاری نرمال و حساسیت فوق العاده آن نسبت به شرایط تنش خشکی می باشد. میزان کاهش عملکرد بیولوژیک در ارقام محلی خمین، صدری، Ks21193 و Ks21189 به ترتیب 39/8، 56/89، 46/12 و 35/88 درصد مشاهده شد. همچنین رقم Ks21189 پایین ترین درصد کاهش عملکرد بیولوژیک و بالاترین مقدار عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش خشکی به خود اختصاص داد که این امر نشان دهنده تحمل نسبی بالای این رقم به تنش خشکی می باشد. کاهش تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه کاهش وزن خشک اندام هوایی در اثر محدودیت آب، توسط محققان دیگر از جمله کیزمان (Kisman, 2003) در مورد سویا و دکاستا و همکاران (De Costa et al., 1997) در مورد لوبیا گزارش شده است. جیبیو (Gebeyehu, 2006) نیز گزارش کرد که ماده خشک ارقام لوبیا در اثر تنش خشکی کاهش پیدا کرد و دلیل کاهش ماده خشک در شرایط تنش را عواملی از قبیل کاهش شاخص سطح برگ، کاهش سرعت فتوسنتز، کاهش رشد اندام هوایی و کاهش سرعت رشد نسبی دانست.

در این آزمایش عملکرد بیولوژیک با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری در شرایط تنش خشکی ($r=0/52^*$) نشان داد (جدول 4). بالا بودن ضریب همبستگی عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی نشان دهنده آن است که با افزایش کل زیست توده عملکرد دانه افزایش می یابد. به عبارت دیگر، بوته های درشت تر با حجم رویشی بیشتر از عملکرد دانه بالاتری نیز برخوردارند.

شاخص برداشت

تأثیرپذیری شاخص برداشت که نشان دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه می باشد، از رژیم های مختلف آبیاری، از نظر آماری در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین بین ارقام و اثر متقابل تنش در رقم اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول 2). نتایج به دست آمده برای اثرات متقابل آبیاری و رقم (جدول 3) نشان داد که بیشترین و کمترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری نرمال به ترتیب مربوط به رقم صدری (50/68 درصد) و رقم محلی خمین (30/74 درصد) و در تیمار تنش خشکی مربوط به رقم

Ks21189 (27/31 درصد) و صدری (22/66 درصد) می باشد. شاخص برداشت در شرایط تنش در ارقام محلی خمین، صدری، Ks21193 و Ks21189 به ترتیب، 18/83، 55/28، 33/64 و 31/93 درصد نسبت به آبیاری نرمال کاهش یافت. باتوجه به شاخص برداشت کمتر در رقم صدری تحت شرایط تنش می توان نتیجه گرفت که دلیل کاهش شدید وزن صد دانه در این رقم عدم توانایی گیاه در انتقال مواد ساخته شده به دانه می باشد که نشان دهنده پتانسیل کمتر تولید عملکرد این رقم می باشد. از آنجایی که شاخص برداشت بیانگر درصد انتقال مواد آلی ساخته شده از منبع به مخزن می باشد، در نتیجه گیاهان با شاخص برداشت بالا، قادرند کربوهیدرات بیشتری را از اندام های سبز به دانه ها منتقل کنند و به همین دلیل عملکرد بالایی را از خود نشان می دهند. عملکرد بالای رقم Ks21189 و بالا بودن شاخص برداشت آن در این آزمایش نیز می تواند گواهی بر این مدعا باشد. دلیل کاهش شاخص برداشت این است که گیاه در پایان دوره رشد به دلیل کمبود آب قابل دسترس قادر به انتقال مواد به دانه نمی باشد، که نهایتاً منجر به افت وزن دانه که قسمت اقتصادی محصول می باشد، می گردد. همچنین کاهش تعداد غلاف در بوته که سهم مهمی در تولید عملکرد دارد، از دلایل مهم کاهش شاخص برداشت در تیمار تنش می باشد. نتایج پژوهش های سایر محققان نیز نشان داده که تنش رطوبتی سبب کاهش شاخص برداشت می شود (Pandy et al., 1984; Farah, 1981; Bonanno & Mack, 1983) سویا نیز نشان داده شده است که به دلیل تأثیرگذاری شدید خشکی بر عملکرد دانه شاخص برداشت در تیمارهای تنش کاهش یافته است (Acosta-Gallegos & Adams, 1991; Zeinali Gholiabad, 1995).

مرحله نمو گیاه در زمان تنش، شدت و دوام تنش و ویژگی های گیاه تحت تنش مؤثر و یا غیر مؤثر بودن تنش خشکی بر شاخص برداشت را تعیین می کند. چنانچه تنش ملایم و نه چندان شدیدی از دوره رشد رویشی بر گیاه اعمال شده باشد، ارتباط تنگاتنگ فرآیندهای رشد رویشی و زایشی باعث تأثیر متوازن تنش بر اجزای رویشی و زایشی گیاه و در نتیجه ثبات شاخص برداشت می شود؛ اما در صورتی که تنش شدیدی در مرحله حساس رشد زایشی بر گیاه وارد شود، به دلیل اتمام نسبی دوره رشد رویشی، اجزای رویشی چندان تحت تأثیر قرار نمی گیرند، ولی اجزای زایشی در حال رشد گیاه به شدت آسیب می بینند که این رویداد به کاهش شاخص برداشت منتهی

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات گیاهی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در تیمارهای آبیاری

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for plant characteristics of pinto bean genotypes in irrigation treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد دانه در گل No. of grains.pod ⁻¹	تعداد غلاف در بوته No. of pods.plant ⁻¹	وزن صد دانه 100-seed weight	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	3	72716.81 ^{**}	663440.11 [*]	0.12 ^{ns}	7.84 ^{**}	9.56 ^{ns}	313.48 ^{**}
تنش Stress	1	62222112.41 ^{**}	38416995.13 ^{**}	6.54 ^{**}	485.16 ^{**}	528.64 ^{**}	1714.73 ^{**}
خطای اصلی Main error (a)	3	66089.93	1891148.79	0.03	4.41	0.45	133.39
رقم Genotype	3	569733.71 ^{**}	98119.64 ^{ns}	0.7 ^{**}	3.66 ^{**}	92 [*]	128.78 ^{**}
تنش در رقم Stress×Genotype	3	684638.51 ^{**}	817539.23 ^{**}	0.52 [*]	22.26 ^{**}	115.6 ^{**}	178.77 ^{**}
خطای فرعی Sub error (b)	18	9846.2	143442.82	0.12	0.69	22.54	13.92
ضریب تغییرات (%) CV (%)		8.09	10.1	12.65	7.82	13.7	11.68

***، * و ns: به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار
***, * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and not significant, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین صفات گیاهی ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی در برهمکنش تیمارهای آبیاری×ژنوتیپ

Table 3- Mean comparison of plant characteristics of pinto bean genotypes interact irrigation×genotypes

آبیاری Irrigation	رقم Genotype	تعداد غلاف در بوته No. of pod.plant ⁻¹	تعداد دانه در گل No. of grains.pod ⁻¹	وزن صد دانه (گرم) 100- seed yield (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
آبیاری نرمال Normal irrigation	محلی خمین Khomein	13.15 ^{c*}	2.98 ^a	32.31 ^{bc}	1365.2 ^c	4555 ^b	30.74 ^{cd}
	صدری sadri	16.47 ^a	3.18 ^a	48.55 ^a	2538.39 ^a	5339.5 ^a	50.68 ^a
	Ks21193	14.52 ^b	3.26 ^a	35.64 ^{bc}	1655.4 ^b	5020.9 ^{ab}	35.46 ^{bc}
	Ks21189	14.02 ^{bc}	3.32 ^a	38.38 ^b	1717.3 ^b	4455.8 ^b	40.12 ^b
تنش خشکی Drought stress	محلی خمین Khomein	7.77 ^e	2.38 ^b	29.75 ^c	668.8 ^d	2741.9 ^c	24.95 ^{de}
	صدری Sadri	4.52 ^f	1.62 ^c	29.9 ^c	503.1 ^e	2301.6 ^c	22.66 ^e
	Ks21193	5.52 ^f	2.21 ^b	33.09 ^{bc}	616.8 ^{de}	2705.1 ^c	23.53 ^e
	Ks21189	9.2 ^d	2.91 ^a	29.62 ^c	741.6 ^d	2857 ^c	27.31 ^{de}

*میانگین هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

*The means in each column that have a same letter, don't have significant difference in 5% level based on Duncan test.

جدول 4- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی

Table 4- Correlation coefficient between seed yield, biological yield, harvest index and yield components in pinto bean genotypes

	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index	وزن صد دانه 100-seed weight	تعداد دانه در غلاف No. of grains.pod ¹
عملکرد دانه Seed yield	0.52 [*]				
شاخص برداشت Harvest index	-0.69 ^{**}	0.24 ^{ns}			
وزن صد دانه 100-seed weight	0.008 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.05 ^{ns}		
تعداد دانه در غلاف No. of seeds.pod ¹	0.33 ^{ns}	0.93 ^{**}	0.41 ^{ns}	0.14 ^{ns}	
تعداد غلاف در بوته No. of pods.plant ¹	0.49 ^{ns}	0.94 ^{**}	0.24 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.88 ^{**}

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

***، * and ns: are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and not significant, respectively.

ژنوتیپ‌ها داشت و کاهش عملکرد دانه آن در تیمار آبیاری نرمال کمتر از سایر ژنوتیپ‌ها بود، بنابراین به نظر می‌رسد می‌توان این ژنوتیپ را به عنوان ژنوتیپی مناسب، جهت ارزیابی‌های تکمیلی در شرایط تنش کمبود آب مورد استفاده قرار داد. از سوی دیگر، یکی از دلایل پایداری عملکرد ژنوتیپ‌های متحمل مانند Ks21189 در شرایط تنش، توانایی تولید و حفظ تعداد بیشتر غلاف می‌باشد. در این آزمایش، تنها جزئی از عملکرد که نوسان زیادی داشت، تعداد غلاف در بوته بود. پس براساس نتایج به دست آمده، می‌توان نتیجه گرفت که تعداد غلاف در بوته حساس‌ترین صفت به تنش کمبود آب می‌باشد.

تشکر و قدردانی

در انتها بر خود لازم می‌دانیم که از زنده‌باد استاد دکتر فرهاد جبّاری که در دوران حیات پربرکت خود از هیچ‌گونه کمک و مساعدتی دریغ نفرمودند، سپاسگزاری نماییم و از خداوند منان برای ایشان آمرزش و مغفرت می‌طلبیم.

براساس یک اصل کلی، اندام‌های در حال رشد سریع، بیشتر از سایر اندام‌های گیاه تحت تاثیر تنش واقع می‌شوند (Zeinali (Gholiabad, 1995).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که تنش کمبود آب بر عملکرد و شاخص برداشت ژنوتیپ‌های مورد بررسی لوبیا چیتی اثر منفی داشته است. بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه از تیمار آبیاری نرمال و کمترین مقدار آن نیز از تیمار تنش خشکی به دست آمد. بنابراین باتوجه به کاهش عملکرد بیولوژیک برخی از ژنوتیپ‌های لوبیا چیتی مورد ارزیابی، کاهش عملکرد دانه که جزئی از آن می‌باشد، قابل توجیه است. بیشترین شاخص برداشت از تیمار آبیاری نرمال به دست آمد و با اعمال تنش کمبود آب مقدار آن کاهش یافت. در بین ژنوتیپ‌های لوبیا بیشترین و کمترین شاخص برداشت در شرایط محدودیت آب به ترتیب به دو ژنوتیپ Ks21189 و صدری تعلق داشت. ژنوتیپ Ks21189 در تیمار کمبود آب پایداری بیشتری نسبت به سایر

منابع

- Acosta-Gallegos, J.A., and Adams, M.W. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*. L.) cultivars under drought stress. *Journal of Agricultural Science* 117: 213-219.
- Anld, D., Bettis, L., Crick, J.E., Kephart, K.D. 1988. Planting date and temperature effects on germination, emergence and seed yield of chick pea. *Agronomy Journal* 88: 909-971.
- Anonymous. 2006. 2005-2006 Agricultural Statistics. Ministry of Jihad-e-Agriculture. (In Persian)
- Bonanno, A.R., and Mack, H.J. 1983. Water relations and growth of snap beans as influenced by differential irrigation.

- Journal of the American Society for Horticultural Science 108(5): 837- 844.
- Boutraa, T., and Sanders, F.E. 2001. Influence of water stress on grain yield and vegetative growth of two cultivars of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 178: 51- 257.
- Chaves, M.M., Maroco J.P., and Pereira, J.S. 2003. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. Functional Plant Biology 30: 239-264.
- Chung, J.H., and Goulden, D.S. 1971. Yield components of haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.) growth at different plant densities. N. Z. Y. Agricultural Research 14: 227-234.
- Cox, W.J., and Jolliff, G.D. 1986. Growth and yield of sunflower and soybean under soil water deficits. Agronomy Journal 78: 226-230.
- De Costa, W.A.J.M., Dennett, M.D., Ratnaweera, U., and Nyalemegbe, K. 1997. Effects of different water regimes on field-grown determinate and indeterminate faba bean (*Vicia faba* L.). II. Yield, yield components and harvest index. Field Crops Research 52(1-2): 169-178.
- De Souza, P.I., Egli, D.B., and Beruening, W.P. 1997. Water stress during seed filling and leaf senescence in soybean. Agronomy Journal 89: 807-812.
- Desclaux, D., and Roumet, P. 1996. Impact of drought stresses on the phenology of two soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivars. Field Crops Research 46: 61-70.
- Dimova, D., and Svetleva, D. 1992. Inheritance and correlation of some quantitative characters in French bean in relation to increasing the effectiveness of selection. Agro Business Solutions. Plant Breeding 63(3): 344.
- Duarte, R.A., and Adams, M.W. 1972. A path coefficient analysis of some yield component interrelations in field bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Crop Science 12: 579-582.
- Fanaei, H.R., Azmal, H., and Piri, I. 2017. Effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some agronomic traits of safflower under different irrigation regimes. Journal of Agroecology 8(4): 551-566. (In Persian with English Summary)
- Farah, S.M. 1981. An examination of the effects of water stress on leaf growth of crop of field beans (*Vicia faba* L.). 1. Crop growth and yield. Journal of Agricultural Science 96(2): 327- 336.
- Frahm, M.A., Rosas, J.C., Mayek-Perez, M., Lopez-Salinas, E., Acosta-Gallegos, J.A., and Kelly, J.D. 2004. Breeding beans for resistance to terminal drought in the lowland tropics. Euphytica 136(2): 223-232.
- Gebeyehu, S. 2006. Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. PhD Thesis, University of Giessen, Germany.
- Gebeyehu, S. 2006. Physiological response to drought stress of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes differing in drought resistance. Institut für Pflanzenernährung Justus-Liebig-University of Giessen. Germany.
- Grzesiak, S., Koscielniak, J., Filek, W., and Augustyniak, G. 1989. Effects of soil drought in generative phase of development of field bean (*Vicia faba* L. var. *minor*) on leaf water status, photosynthesis rate and biomass growth. Journal of Agronomy and Crop Science 162: 241-247.
- Khoshvaghti, H. 2006. Effect of water limitation on growth rate, grain filling and yield of three pinto bean cultivars. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture. Tabriz University. (In Persian with English Summary)
- Kisman, A. 2003. Effects of drought stress in growth and yield of soybean. Science Philosophy 702 pp.
- Loss, S.P., and Siddique, K.H.M. 1997. Adaptation of faba bean (*vicia faba* L.) to dryland mediterranean- type environments I. Seed lowland tropics. Euphytica 136(2): 223-232.
- Mayek-Perez, N., Garica-Espinosa, R., Lopez-Castanda, C., Acosta-Gallegos, J.A., and Simpson, J. 2002. Water relations, histopathology and growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) during pathogenesis of *Macrophomina phaseolina* under drought stress. Physiological and Molecular Plant Pathology 60: 158-195.
- Meckle, L., Egli, D.B., Phillips R.E., Radcliffe, D., and Leggett, J.E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybean. Agronomy Journal 79: 647-650.
- Nielsen, D.C., and Nelsen, N.O. 1998. Black bean sensitivity to water stress at various growth stages. Crop Science 38: 422-427.
- Pandy, R.K., Herrera, W.A.T., and Pendleton, J.W. 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I. Yield and yield components. Agronomy Journal 76: 549-533.
- Pareek, A., Sopory, S.K., and Bohnert, S.J. 2010. Abiotic Stress Adaptation in Plants. Springer Netherlands. New York City. United States 546 pp.

- Salemi, H.R., Tavakoli, A.R., and Heydari, N. 2015. Effects of deficit irrigation on yield and yield components of maize and determining of water productivity in Nekuabad Isfahan irrigation network. *Journal of Agroecology* 6(4): 858-869. (In Persian with English Summary)
- Samarah, N.H. 2005. Effects of drought stress on growth and yield of barley. *Agronomy for Sustainable Development* 25: 145-149.
- Santos, M.G., Ribeiro, R.V., Oliverira, R.F., Machado, E.C., and Pimetel, C. 2006. The role of inorganic phosphate on photosynthesis recovery of common bean after a mild water deficit. *Plant Science* 170: 659-664.
- Saxena, C.M., Silim, S.N., and Singh, B.K. 1990. Effect of supplementary irrigation during reproductive growth on winter and spring chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a mediterranean environment. *Journal of Agricultural Science* 114: 285-293.
- Shenkut, A.A., and Brick, M.A. 2003. Traits associated with dry edible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) productivity under diverse soil moisture environments. *Euphytica* 133(3): 339-347.
- Singh, S.P. 1999. Common Bean Improvement in the Twenty-first Century. Kluwer Academic Springer Netherlands. New York City. United States 405 pp.
- Teran, H., and Singh, S.P. 2002. Comparison of sources and lines selected for drought resistance in common bean. *Crop Science* 42(1): 64-70.
- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., and Serraj, R. 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106: 275-287.
- Zeinali Gholiabad, E. 1995. Effects of irrigation regims and nitrogen levels on yield and yield components of pinto bean. MSc. Thesis. Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology. (In Persian with English Summary)



Evaluation of Yield and Yield Components of Some Pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotypes under Late Season Water Deficit Conditions

S. Soheili Movahed^{1*}, M.A. Esmaeili², F. Jabbari³ and A. Fooladi⁴

Submitted: 11-03-2015

Accepted: 26-07-2015

Soheili Movahed, S., Esmeili, M.A., Jabbari, F., and Fooladi, A. 2017. Evaluation of yield and yield components of some pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under late season water deficit conditions. Journal of Agroecology, 9(2): 433-444.

Introduction

Drought or water deficit stress is the most important environmental factor which has severe negative impacts on crop yields, especially when the water stress occurs in the flowering stage. Iran is located in arid and semi-arid areas, therefore, attention to the effects of water deficit stress in different stages of plants growth seems necessary. Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is one of the most important legumes that has a major contribution to human diet and provides an important part of the human protein. According to studies, cultivation areas of legumes in Iran are about 97300 hectares and its total production is about 208350 tons of grain. Bean is a fast-growing plant (Tran and Singh, 2002), thus soil water must be sufficiently available to ensure its desirable growth and yield. The aim of this study was to investigate the effect of drought stress on yield and yield components of some pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivated in Zanjan province.

Material and Methods

An experiment was conducted as split plot based on randomized complete block design with four replications in Zanjan university research farm. Irrigation levels (control and drought stress) and genotypes (Local khomein, Sadri, Ks21193 and Ks21189) were set in the main and subplot, respectively. Water deficit stress was applied during flowering stage (50% of the plants were at anthesis). Sampling was performed to measure yield and yield components at the end of the growth period and final maturity. In this experiment number of pod per Plant, number of grain per pod, 100 grain weight, grain yield, biological yield and harvest index were measured.

Results and Discussion

In this experiment it was observed that drought stress, genotype and interact irrigation×genotypes were significantly for all traits except biological yield. Drought stress reduced number of pod per plant, number of grain per pod, 100 grain weight, grain yield, biological yield and Harvest Index. Results indicated that Ks21189 genotype showed maximum number of pod per plant (9.2), number of grain per pod (2.91), 100 grain weight, grain yield (741.6 kg.ha⁻¹), biological yield (2857 kg.ha⁻¹) and Harvest Index (27.31%) under drought stress conditions. In addition, this genotype had the least reduction for all traits under water limitation conditions in comparison to control. These findings confirm the resistance of Ks21189 genotype to drought stress and stimulating this genotype to least reduction in Grain yield under water limitation conditions. Minimum number of pod per plant (4.52), number of grain per pod (1.62), grain yield (503.1 kg.ha⁻¹), biological yield (2301.6 kg.ha⁻¹) and Harvest Index (22.66%) was obtained in sadri genotype under drought conditions. Sadri genotype was identified as water deficit stress sensitive genotypes with reduction of yield up to 80.18%. In all genotypes, water deficit stress reduced grain yield due to reduced yield components (number of pod per plant, number of grain per pod and 100 grain weight).

Conclusion

1, 2, 3 and 4- PhD Student in Crop Physiology, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Zanjan University and Former MSc. Student of Plant Breeding, Department of Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Ardabil Branch, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.45184

The results of this experiment showed that water deficit stress on yield and yield components of bean genotypes had a negative effect. The highest and lowest yield and yield components were obtained from normal irrigation and drought stress treatments, respectively. Ks21189 genotype was more stable in water deficit treatment than other genotypes; however grain yield reduce in normal irrigation treatment was lower than other genotypes. Therefore, it seems that this genotype can be used as an appropriate genotype for supplemental evaluation in water deficit stress conditions. Correlation analysis showed significant and positive correlation between biological yield, number of pods per plant, number of grains per pod with grain yield. We concluded that genotypes with higher biological yield under drought stress conditions can produce maximum number of pods per plant, number of grains per pod and grain yield.

Acknowledgments

We would like to express our thanks to the Faculty of Agriculture, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University for supporting this study.

Keywords: Biological yield, Drought stress, Grain yield, Ks21189



بررسی اثر ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) تحت شرایط مختلف رطوبتی

مصطفی گواهی¹، امیر قلاوند^{2*}، فرزاد نجفی³ و علی سروش زاده⁴

تاریخ دریافت: 1393/12/19

تاریخ پذیرش: 1394/04/10

گواهی، م.، قلاوند، ا.، نجفی، ف.، و سروش زاده، ع. 1396. بررسی اثر ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) تحت شرایط مختلف رطوبتی. بوم شناسی کشاورزی، 9(2): 445-457.

چکیده

مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) یک گیاه دارویی متداول است که به طور گسترده‌ای در صنایع غذایی و داروسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور بررسی تأثیر ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی مریم گلی تحت شرایط مختلف رطوبتی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار و سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال‌های 92-1391 و 93-1392 انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری (I) در سه سطح: آبیاری پس از مصرف 40 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I₁) آبیاری پس از مصرف 60 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I₂) آبیاری پس از مصرف 80 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I₃) و حاصلخیزکننده‌های خاک در پنج سطح: عدم مصرف کود (F₀)، کود شیمیایی اوره (150 کیلوگرم در هکتار) (Ur)، باکتری های آزادی تثبیت کننده نیتروژن (NFB)، ورمی کمپوست (V)، ورمی کمپوست + باکتری های آزادی تثبیت کننده نیتروژن (V+NFB) بودند که به ترتیب در کرت های اصلی و فرعی قرار داده شدند. نتایج نشان داد که گیاهان تحت تیمار بدون تنش (I₁) و ورمی کمپوست + باکتری (V+NFB) ارتفاع، قطر کانوپی، سطح برگ و عملکرد خشک بیشتری در هر سه برداشت برخوردار بودند. همچنین بیشترین مقدار اسانس و ترکیبات اسانس در هر سه برداشت در تنش متوسط و ورمی کمپوست + باکتری به دست آمد. در بین زمان های برداشت بیشترین ارتفاع (28/84 سانتی متر)، قطر کانوپی (29/58 سانتی متر)، سطح برگ (1/77) و عملکرد خشک (2/964 تن در هکتار) در برداشت سوم مشاهده شد. بیشترین مقدار اسانس (1/90 درصد) در برداشت دوم و آلفا توچون (32/73 درصد)، 1 و 8 سینئول (10/91 درصد) و کامفور (23/47 درصد) در برداشت سوم به دست آمد. به طور کلی، نتایج آزمایش نشان داد که مصرف ورمی کمپوست + باکتری سبب بهبود خصوصیات رشدی، مقدار اسانس و کیفیت اسانس شد. از طرفی بالاترین مقادیر خصوصیات رشدی در تیمار بدون تنش و بیشترین مقادیر اسانس و ترکیبات اسانس در تنش متوسط به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تغذیه ارگانیک، تنش خشکی، حاصلخیزی خاک

مقدمه

است و معمولاً دارای اسانس می‌باشند (Azadbakht, 1999). یکی از گونه‌های این خانواده مریم گلی (*Salvia officinalis* L.) است. امروزه گیاه مریم گلی در کشورهای مختلفی برای به دست آوردن برگ‌های خشک به عنوان ماده اولیه در صنایع غذایی، دارویی و عطرسازی کاشته می‌شود (Santos-Gomes et al., 2002). اسانس مریم گلی در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها مثل بیماری‌های سیستم اعصاب، قلب و چرخش خون و همچنین بیماری‌های تنفسی

خانواده نعناع (Lamiaceae) دارای 200 جنس و 3300 گونه

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، استادیار، گروه کشاورزی، پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی، دانشگاه شهید بهشتی و دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

(*) - نویسنده مسئول: (Email: ghalavaa@modares.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.45974

ورمی کمپوست (5 تن در هکتار) سبب بهبود معنی‌دار مقدار اسانس و کیفیت آن در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شد، به نحوی که میزان لینالول و متیل کایکول موجود در اسانس بیشتر از تیمار شاهد بود (Anwar et al., 2005). در تحقیقی دیگر کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک کل، درصد اسانس، عملکرد گل خشک و تازه و میزان کامازولن در گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) شد (Ghazimanas et al., 2013).

در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردارند و باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه یا اصطلاحاً PGPR از مهمترین کودهای زیستی می‌باشند (Sharma, 2002). فراهم‌سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرایندهای طبیعی مانند تثبیت زیستی نیتروژن یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و مهمتر از آن حفظ سلامت محیط زیست است که امروزه در کشورهای مختلف به طور جدی دنبال می‌شود. از این رو، به منظور استقرار یک سیستم کشاورزی پایدار، بکارگیری کودهای زیستی از اهمیت بسزایی برخوردار است (Shaharoona et al., 2006). استفاده از باکتری‌ها (ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس) به عنوان کود زیستی باعث افزایش کارایی کودهای نیتروژن و فسفر و در نتیجه بهبود رشد چندین گیاه زراعی شده است (Shaharoona et al., 2006; Roesty et al., 2006). کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و باسیلیوس باعث افزایش رشد رویشی، افزایش وزن تر، وزن خشک و میزان اسانس در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) گردید (Mahfouz & Sharaf-Eldin, 2007). در تحقیقی دیگر تلقیح با باکتری، سبب افزایش ارتفاع، تعداد برگ ساقه اصلی، قطر ساقه و تعداد شاخه گل‌دهنده در گیاه دارویی بادرشی (*Dracocephalum moldavica* L.) شد (Yousefzadeh et al., 2013).

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوستنز و همچنین به هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Khalafallah & Abo-Ghalia, 2008). نتیجه تحقیقی

مورد استفاده قرار می‌گیرد (Duke, 2001). در تحقیقات به عمل آمده وجود برخی ترکیبات موجود در اسانس مریم‌گلی نظیر توجون، سینئول و کامفور را مسئول خواص ضد میکروبی، آنتی اکسیدانی و احتمالاً ضد سرطان می‌دانند (Piccaglia et al., 1997). در تحقیقات اخیر گزارش شده است که اسانس مریم‌گلی می‌تواند موجب بهبود حافظه شود که این نتایج امیدی را در درمان بیماری آلزایمر به وجود آورده است (Perry et al., 2005).

مدیریت حاصلخیزی خاک یکی از عوامل اصلی تعیین‌کننده رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاهان دارویی محسوب می‌شود (Omidbaygi, 1995). به کارگیری انواع کودهای آلی و یا شیمیایی به منظور حصول عملکرد بالا در محصولات دارویی لازم است (Guarda et al., 2004) با این وجود، استفاده دراز مدت از کودهای شیمیایی به سبب تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک می‌تواند منجر به کاهش عملکرد محصولات شود (Liu et al., 2010). اهمیت گیاهان دارویی، وجود ماده مؤثره در آنهاست. کاربرد صحیح و مناسب عناصر و مواد غذایی در طول مراحل کاشت، داشت و برداشت گیاهان دارویی، نه تنها نقش عمده‌ای در افزایش عملکرد دارد بلکه در کمیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها نیز بسیار مؤثر است (Vildova et al., 2006). کاربرد کود مناسب یک عامل اصلی در کشت موفقیت‌آمیز گیاهان دارویی می‌باشد (Carrubba et al., 2002). با توجه به تأکیدی که کشاورزی پایدار بر افزایش کیفیت و پایداری عملکرد دارد، در گیاهان دارویی که محصولات کیفی می‌باشند، ورمی کمپوست گزینه مناسبی برای این سیستم محسوب می‌شود و به نظر می‌رسد که در چنین شرایطی، بهبود رشد و عملکرد از آن‌ها حاصل شود (Mahboub Khomami, 2008).

ورمی کمپوست نوعی کود آلی است که در نتیجه فعالیت گونه‌ای از کرم‌های خاکی بر ضایعات شهری، صنعتی و کشاورزی تولید می‌شوند (Sangwan et al., 2008). ورمی کمپوست منبع غنی از عناصر پرمصرف، کم مصرف، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد گیاه است. از این رو، استفاده از آن در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، سبب رشد زیاد و سریع گیاهان از جمله گیاهان دارویی می‌گردد (Prabha et al., 2007; Padmaathiamma et al., 2008). در خصوص تأثیر ورمی کمپوست بر روی کمیت و کیفیت ماده مؤثره مشاهده شده که مصرف

سطح: آبیاری پس از مصرف 40 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_1) آبیاری پس از مصرف 60 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_2) آبیاری پس از مصرف 80 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه (I_3) و سامانه‌های حاصلخیزی خاک در پنج سطح: عدم مصرف کود (F_0)، کود شیمیائی اوره (150 کیلوگرم در هکتار) (U_r)، باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر+آزوسپریلیوم+سودوموناس) (NFB)، ورمی کمپوست (8 تن در هکتار) (V)، ورمی کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن (V+NFB) می‌باشد. کود زیستی مصرف شده شامل مخلوطی از باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس به نسبت 33 : 33 : 33 بود که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. نشاهای مریم‌گلی نیز از پژوهشکده گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی تهیه شد. پس از آماده‌سازی زمین هر کرت آزمایشی شامل شش خط کاشت به فاصله 60 سانتی‌متر و فاصله هر بوته روی خط 30 سانتی-متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت بلوک‌ها از یکدیگر دو متر و فاصله بین کرت‌ها در یک بلوک دو متر بود. کود ورمی کمپوست (جدول 3) سه روز قبل از کاشت به کرت‌های مربوطه اضافه شد و توسط بیل دستی با خاک مخلوط شد. قبل از کاشت، نشاهایی که باید با باکتری‌ها تیمار شوند با مخلوط باکتری‌های ازتوباکتر، آزوسپریلیوم و سودوموناس تلقیح شدند. برای تلقیح، ریشه‌های نشاهای مریم‌گلی به مدت 45 دقیقه در محلول باکتری‌ها قرار داده شد. نشاها در تاریخ 15 اردیبهشت به صورت جوی و پشته کشت شدند. تیمارهای آبیاری بر اساس روش تغییرات درصد حجمی رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه انجام شد. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از لوله‌های دستگاه T.D.R (Time-Domain Reflectometry, Model TRIME-FM, England) در عمق 0 تا 60 سانتی‌متری کرت‌ها استفاده شد. لازم به ذکر است قبل از اجرای آزمایش با نمونه-گیری از اعماق مختلف خاک در زمان‌های متفاوت، از طریق روش وزنی درصد حجمی رطوبت خاک تعیین گردید و سپس درصد حجمی رطوبت خاک در همین نقاط به‌وسیله دستگاه T.D.R اندازه‌گیری شد و سپس یک معادله رگرسیونی بین دو سری از داده‌ها محاسبه شده، که برای کالیبره کردن دستگاه T.D.R مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های دستگاه T.D.R به طور روزانه در طول دوره رشد گیاه ثبت شد. در هر مرحله مجدد آبیاری، کرت‌ها تا ظرفیت اشباع خاک به طور مساوی (به‌وسیله قرائت کنتور) به روش نشتی آبیاری شدند.

روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نشان داد که افزایش تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای آن گردید و بیشترین درصد اسانس و ترکیبات اصلی آن (لینالول، آلفاپینن، گاما ترپنین، ژرانیول استات، کامفور) در تیمار تنش ملایم مشاهده شد (Ahmadian & Nourzad, 2014). در آزمایشی دیگر روی گیاه مرزه خصوصیات رویشی مانند ارتفاع ساقه، تعداد و مساحت سطح برگ، طول ریشه، وزن خشک برگ، ساقه و ریشه با افزایش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافتند (Esmailpour et al., 2013). آن‌ها بیان داشتند که رشد کم یک حالت سازگارکننده برای زنده ماندن گیاه در شرایط تنش است. به این دلیل که گیاه مواد غذایی و انرژی را به جای استفاده برای رشد شاخساره به سمت مولکول‌های نگهداری-کننده در برابر تنش، هدایت می‌کند.

مدیریت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به‌ویژه در شرایط تنش خشکی که مدیریت مصرف آب نیز مطرح می‌باشد و ارزیابی تأثیر این گونه مدیریت‌ها بر کمیت و کیفیت گیاه دارویی مریم‌گلی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار بوده و تحقیقات مرتبط ضروری به نظر می‌رسد. به عبارت دیگر می‌توان با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، شرایط را به گونه‌ای فراهم نمود که گیاه تحت آن شرایط، به پتانسیل بالقوه خود نزدیک‌تر شده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید کند. لذا هدف از انجام این آزمایش بررسی اثر ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مریم‌گلی تحت شرایط مختلف رطوبتی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی اثر ورمی کمپوست، کودهای زیستی و نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) تحت شرایط مختلف رطوبتی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال‌های 92-1391 و 93-1392 انجام شد. متوسط بارندگی منطقه 248 میلی‌متر و دمای متوسط 17/69 درجه سانتی‌گراد بوده است (جدول 1). بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول 2)، بافت خاک مزرعه لومی شنی¹ تشخیص داده شده‌است. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری (I) در سه

جدول 1- میانگین بارندگی (mm) در طی ماه‌های اجرای آزمایش

Table 1- Means of precipitation (mm) during the months of experiment

سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
year	April	May	June	July	August	September
2012	-	-	1.9	4	0.7	4.2
2013	12	1.8	2.8	0.2	0	0

جدول 2- برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 2- Some physical and chemical soil properties of experimental site

بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام)	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام)	آهن (پی‌پی‌ام)	روی (پی‌پی‌ام)	مس (پی‌پی‌ام)	منگنز (پی‌پی‌ام)
Texture	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Total N (%)	P(Available) (ppm)	K(Available) (ppm)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)
لومی شنی Sandy loam	7.29	1.087	1.82	0.165	160	1049	15.034	3.79	1.284	6.304

جدول 3- خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این آزمایش

Table 3- Chemical characteristics of vermicompost used in the experiment

اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	کربن آلی (درصد)	نیترژن کل (درصد)	فسفر (درصد)	پتاسیم (درصد)	آهن (میلی-گرم بر کیلوگرم)	روی (میلی-گرم بر کیلوگرم)	مس (میلی-گرم بر کیلوگرم)	منگنز (میلی-گرم بر کیلوگرم)
pH	EC (dS.m ⁻¹)	Organic carbon (%)	Total N (%)	P (%)	K (%)	Fe (mg.kg ⁻¹)	Zn (mg.kg ⁻¹)	Cu (mg.kg ⁻¹)	Mn (mg.kg ⁻¹)
7.70	4.37	18	1.12	1.85	0.57	4800	88.5	11.5	4200

در مرحله برداشت ده گیاه به صورت تصادفی از هر کرت انتخاب شده و ارتفاع و قطر بوته با استفاده از خط‌کش و سطح برگ به‌وسیله دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ¹ مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک پس از اینکه گیاهان از سطح خاک کف‌بر شدند در داخل پاکت‌هایی قرار گرفته و بعد فرآیند خشک کردن در دمای اتاق و در شرایط سایه کامل، انجام شد. اسانس‌گیری (30 گرم برگ خشک برای هر نمونه) با روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر انجام شد. برای تجزیه نمونه‌های اسانس و اندازه‌گیری دقیق ترکیب‌های موجود در آن از دستگاه کروماتوگرافی گازی² (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی³ (GC/MS) استفاده شد. طیف‌های به‌دست آمده با مقایسه طیف‌های جرمی

در تیمار اول آبیاری (I₁)، آبیاری زمانی صورت گرفت که 40 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق 0 تا 60 سانتی متری خاک توسط گیاه و یا در اثر تبخیر از سطح خاک تخلیه گردید و در تیمار دوم آبیاری (I₂)، آبیاری زمانی صورت گرفت که 60 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق 0 تا 60 سانتی متری خاک تخلیه گردید و در تیمار سوم آبیاری (I₃)، آبیاری زمانی صورت گرفت که 80 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق 0 تا 60 سانتی متری خاک تخلیه گردید. برای کنترل رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه از لوله‌های دستگاه T.D.R (Time-Domain Reflectometry, Model TRIME-FM, England) در عمق 0 تا 60 سانتی متری کرت‌ها استفاده شد. در ماه اول به منظور استقرار نشاء، تیمارها بر اساس شاهد آبیاری شدند. عملیات وجین علف‌های هرز در سه مرحله رشدی مریم‌گلی (مراحل 6، 14 و 20 برگی) و به‌صورت دستی انجام شد.

جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک با در نظر گرفتن اثر حاشیه

1- Leaf Area meter (ΔT), England

2- Gas chromatography

3- Gas chromatography-mass spectrometry

آبی موجب کاهش ارتفاع و سطح برگ گیاه دارویی آویشن دناپی (*Thymus daenesis* Celak.) شد. مقایسه میانگین‌های مربوط به تیمار تغذیه نشان داد که در هر سه برداشت همه تیمارهای کودی به طور معنی‌داری نسبت به شاهد (عدم کوددهی) مقادیر بالاتری از اجزای عملکرد را داشتند، این در حالی بود که تیمار ورمی کمپوست+باکتری بیشترین ارتفاع، قطر کانوپی و سطح برگ را به خود اختصاص داده بود (جدول 4). می‌توان نتیجه گرفت که احتمالاً خواص شیمیایی و فیزیکی هیومیک اسید موجود در ورمی کمپوست، از طریق افزایش ظرفیت نگهداری عناصر غذایی و افزایش هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد (Arancon et al., 2005) و همچنین افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌ها (Arancon et al., 2004) باعث افزایش تجمع ازت توسط گیاه می‌شود و با افزایش ازت رشد گیاه و از آن جمله ارتفاع، قطر کانوپی و سطح برگ افزایش می‌یابد. در آزمایشی مصرف ورمی کمپوست و کودهای بیولوژیک سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ و گل آذین بوته و قطر ساقه گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) شد (Shirzadi et al., 2014).

همچنین اختلاف صفات خصوصیات رشدی در بین برداشت‌های مختلف معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع (28/84 سانتی‌متر)، قطر کانوپی (29/58 سانتی‌متر) و شاخص سطح برگ (1/77) گیاه مریم‌گلی مربوط به برداشت سوم و کمترین ارتفاع (19/47 سانتی‌متر)، قطر کانوپی (23/34 سانتی‌متر) و شاخص سطح برگ (0/71) گیاه مریم‌گلی مربوط به برداشت دوم بود (جدول 6). برتری صفات خصوصیات رشد در برداشت سوم (مهر 92) احتمالاً به این دلیل می‌باشد که با توجه به اینکه مریم‌گلی گیاهی چند ساله می‌باشد، در نتیجه رشد رویشی بیشتری کرده و بیوماس بیشتری تولید می‌کند.

عملکرد خشک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری، تغذیه و اثر متقابل آن‌ها در هر سه برداشت بر عملکرد خشک گیاه مریم‌گلی معنی‌دار بود (جدول 4). مقایسه میانگین تیمارهای آبیاری حاکی از این بود که در هر سه برداشت، تیمار شاهد (بدون تنش) بیشترین و تیمار تنش شدید کمترین عملکرد خشک را دارا بودند (جدول 4). کاهش شدید عملکرد در شرایط اعمال تنش کم‌آبی را می‌توان به تأثیر منفی تنش بر رشد رویشی و به‌ویژه اجزای عملکرد مربوط دانست، زیرا بسته‌شدن روزنه‌ها و کاهش فشار تورژانس سلول‌های گیاهی در

ترکیب‌های استاندارد شناسایی شدند. درصد نسبی هر یک از ترکیب‌ها هم با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل به-دست آمد.

داده‌های حاصل از نمونه‌برداری‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه 9.1.3) مورد تجزیه واریانس قرار گرفته و مقایسه میانگین‌های صفات به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار¹ (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

خصوصیات رشد (ارتفاع، قطر کانوپی و سطح برگ)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری، تغذیه و اثر متقابل آن‌ها در هر سه برداشت بر ارتفاع، قطر کانوپی و سطح برگ گیاه مریم‌گلی معنی‌دار بود (جدول 4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تنش آبی تأثیر منفی بر صفات فوق داشته است به‌طوری‌که بیشترین میزان ارتفاع (35/58 سانتی‌متر)، قطر کانوپی (37/89 سانتی‌متر) و شاخص سطح برگ (2/37) در تیمار بدون تنش و برداشت سوم و کمترین ارتفاع (14/09 سانتی‌متر)، قطر کانوپی (13/69 سانتی‌متر) و شاخص سطح برگ (0/32) در تیمار تنش شدید و چین دوم مشاهده شد (جدول 4). یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژانس و در نتیجه رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش رشد سلول اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی بر روی گیاهان را می‌توان از اندازه کوچکتر برگ‌ها یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به علاوه در شرایط کم‌آبی جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. به دنبال کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کم شده و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و در نهایت عملکرد آن دچار نقصان می‌شود (Hsiao, 1973). نتایج تحقیقی روی گیاه دارویی ترخون (*Artemisia dracunculus* L.) نشان داد که افزایش تنش خشکی موجب کاهش ارتفاع گیاه، قطر تاج پوشش، طول، عرض و سطح برگ شده است (Lotfi et al., 2014). همچنین بحرینی-نژاد و همکاران (Bahreininejad et al., 2013) در مطالعه‌ای نشان دادند که تنش

1- Least significant difference

شرایط کمبود آب، می‌تواند قابلیت رشدی، فتوسنتزی و در نهایت عملکرد را کاهش دهد. نتایج تحقیقی روی گیاه دارویی مریم‌گلی نشان داد با افزایش تنش خشکی از میزان عملکرد خشک کاسته شد (Corell et al., 2012). همچنین در تحقیقی دیگر روی گیاه مریم‌گلی بیان شد که تنش خشکی سبب کاهش وزن تر و خشک شد (Bettaieb et al., 2011). مقایسه میانگین‌های مربوط به تیمار تغذیه حاکی از آن بود که در هر سه برداشت به طور معنی‌داری همه تیمارهای کودی نسبت به شاهد (عدم کوددهی) مقادیر بالاتری از عملکرد خشک را دارا بودند، این در حالی بود که تیمار ورمی‌کمپوست+باکتری بیشترین وزن خشک تولیدی را به خود اختصاص داده بود. همچنین مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که در هر سه برداشت تیمار بدون تنش آب و تیمار ورمی‌کمپوست+باکتری به طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها برتری داشتند (جدول 4). اثرات مثبت و هم‌افزایی بین ورمی‌کمپوست و باکتری باعث افزایش فعالیت باکتری‌های موجود در خاک می‌گردد و باکتری‌ها در ناحیه ریزوسفر از طریق مکانیسم‌هایی مانند تولید هورمون‌های محرک رشد سبب افزایش رشد ریشه می‌گردند (Chen, 2006). علاوه بر این، به دلیل اثر مثبت آن‌ها بر بستر رشد، افزایش سطح ریشه و جذب بیشتر عناصر غذایی، موجب افزایش فعالیت‌های فتوسنتزی، رشد و عملکرد گیاه می‌گردند (Abdelaziz et al., 2007). نتایج تحقیقی روی گیاه دارویی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) نشان داد با کاربرد ورمی‌کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، میزان عملکرد خشک افزایش یافت (Abdelaziz et al., 2007). همچنین اختلاف عملکرد خشک در بین برداشت‌های مختلف معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد خشک مربوط به برداشت سوم (2/926 تن در هکتار) و کمترین مقدار عملکرد خشک مربوط به برداشت دوم (1/183 تن در هکتار) بود (جدول 6). دلیل بالا بودن عملکرد خشک در برداشت سوم به علت رشد رویشی بیشتر و بالا بودن اجزای عملکرد نسبت به دو برداشت قبلی و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر می‌باشد.

کمیت و کیفیت اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار آبیاری و تغذیه در هر سه برداشت بر مقدار اسانس و ترکیبات مهم اسانس گیاه مریم‌گلی

معنی‌دار بود (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها در هر سه مرحله برداشت نشان داد با افزایش تنش خشکی از تیمار شاهد (بدون تنش) به تیمار با تنش متوسط بر مقدار اسانس و ترکیبات اسانس تولیدی افزوده شد به‌طوری‌که بیشترین مقدار اسانس، ترکیبات آلفا توجون، 1و8 - سینئول و کامفور در تیمار تنش متوسط به دست آمد اما در تیمار تنش شدید از میزان اسانس و ترکیبات اسانس کاسته شد. بالاترین درصد و عملکرد اسانس تولیدی در تنش متوسط مشاهده شد. نکته مهم این است که همیشه همراه با بالا رفتن میزان تنش، درصد اسانس نمی‌تواند افزایش یابد چرا که در تنش‌های بالا گیاه بیشتر مواد فتوسنتزی خود را صرف تولید ترکیبات تنظیم‌کننده‌های اسمزی از جمله پرولین، گلیسین-بتائین و ترکیبات قندی همانند ساکاروز، فروکتوز و فروکتان می‌کند که بتواند پتانسیل آب سلولی را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه بر بوده و گیاه این هزینه را از کاهش عملکرد کل یا دانه جبران می‌کند (Munns, 1993). نتایج تحقیقی روی گیاه دارویی زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) نشان داد که بیشترین مقدار اسانس در تنش متوسط به دست آمد (Bettaieb et al., 2012). همچنین در تحقیقی دیگر روی گیاه دارویی مریم‌گلی نشان داده شد که بیشترین مقدار اسانس، آلفا توجون، 1و8 - سینئول و کامفور در تنش متوسط به دست آمد (Bettaieb et al., 2009). مقایسه میانگین‌های مربوط به تیمار تغذیه حاکی از آن بود که در هر سه برداشت به طور معنی‌داری همه تیمارهای کودی نسبت به شاهد (عدم کوددهی) مقادیر بالاتری از میزان اسانس، آلفا توجون، 1و8 - سینئول و کامفور را دارا بودند، این در حالی بود که تیمار ورمی‌کمپوست+باکتری بیشترین میزان و ترکیبات اسانس را به خود اختصاص داده بود (جدول 5). در تفسیر نتیجه حاصل از بهبود میزان اسانس در اثر مصرف ورمی‌کمپوست+باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن می‌توان چنین اظهار کرد که کود مزبور با تأمین عناصر غذایی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن سبب سهولت و تسریع انجام واکنش‌های شیمیایی جهت تولید ترکیبات ترپنی اسانس می‌گردند. از آنجایی‌که اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتیل پیروفسفات (IPP) و دی‌متیل آلیل-پیروفسفات (DMAPP) نیاز مبرم به NADPH و ATP دارند، و حضور عناصری نظیر نیتروژن برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، از این رو، مصرف ورمی‌کمپوست+باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از طریق فراهمی جذب بیشتر نیتروژن می‌تواند موجب

دوم (1/90 درصد) و کمترین مقدار اسانس مربوط به برداشت اول (0/75 درصد) بود (جدول 6). همچنین اختلاف ترکیبات اسانس مریم‌گلی در بین مراحل برداشت‌های معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار آلفا توجون (32/73 درصد)، I_1 – سینئول (10/91 درصد) و کامفور (23/39 درصد) مربوط به برداشت سوم بود (جدول 6). برتری میزان اسانس در برداشت دوم (اردیبهشت 92) نسبت به دو برداشت دیگر (مهر 91 و مهر 92) به دلیل افزایش میزان اسانس تولیدی در شرایط نور، گرما و مواد غذایی فراهم شده در طی رشد گیاه در برداشت بهاره نسبت به برداشت پاییزه می‌باشد.

افزایش میزان اسانس شود. در تحقیقی روی گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) نشان داده شد که با به‌کارگیری ورمی کمپوست و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن میزان اسانس افزایش یافت (Khalesro et al., 2012). نتایج تحقیق دیگری روی گیاه دارویی رازیانه شیرین (*Foeniculum vulgare* var. Dulce) نشان داد که با کاربرد کودهای آلی و زیستی مقدار ترکیب آنتول افزایش یافت (Moradi et al., 2011).

همچنین میزان اسانس مریم‌گلی در بین برداشت‌های مختلف معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین مقدار اسانس مربوط به برداشت

جدول 4- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده مریم گلی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی
Table 4- Means comparison of some measured characters of sage under different irrigation regimes and fertilizer treatments

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Plant height (cm)			قطر کانوبی (سانتی‌متر) Canopy diameter (cm)			شاخص سطح برگ Leaf area Index			عملکرد خشک (تن بر هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)		
	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.
آبیاری Irrigation	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
I_1	29.06 ^a	25.14 ^a	35.58 ^a	33.24 ^a	31.15 ^a	37.89 ^a	1.37 ^a	1.08 ^a	2.37 ^a	2.336 ^a	2.179 ^a	3.971 ^a
I_2	23.07 ^b	19.19 ^b	29.06 ^b	27.09 ^b	25.18 ^b	31.44 ^b	0.83 ^b	0.73 ^b	1.84 ^b	1.335 ^b	1.222 ^b	3.090 ^b
I_3	16.41 ^c	14.09 ^c	21.11 ^c	16.49 ^c	13.69 ^c	19.40 ^c	0.36 ^c	0.32 ^c	1.09 ^c	0.600 ^c	0.528 ^c	1.833 ^c
کود Fertilizer	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
F_0	17.68 ^e	14.96 ^e	23.22 ^e	17.21 ^d	15.30 ^d	21.71 ^d	0.59 ^e	0.50 ^e	1.43 ^d	0.945 ^e	0.831 ^e	2.389 ^d
Ur	22.83 ^c	19.09 ^c	28.22 ^c	26.31 ^c	23.58 ^c	29.10 ^c	0.81 ^c	0.71 ^c	1.76 ^c	1.447 ^c	1.191 ^c	2.955 ^c
V	24.74 ^b	21.02 ^b	30.46 ^b	27.70 ^b	26.00 ^b	32.30 ^b	0.95 ^b	0.77 ^b	1.87 ^b	1.582 ^b	1.268 ^b	3.138 ^b
NFB	21.88 ^d	18.34 ^d	27.56 ^d	26.28 ^c	24.12 ^c	29.37 ^c	0.75 ^d	0.63 ^d	1.75 ^c	1.219 ^d	1.052 ^d	2.931 ^c
V+NFB	27.11 ^a	23.94 ^a	33.39 ^a	30.54 ^a	27.70 ^a	35.40 ^a	1.17 ^a	0.94 ^a	2.04 ^a	1.925 ^a	1.571 ^a	3.409 ^a
آبیاری × کود Irrigation × fertilizer	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
$I_1 \times F_0$	23.97 ^{ef}	20.20 ^d	30.27 ^e	23.33 ^e	20.83 ^g	29.67 ^f	0.97 ^f	0.77 ^e	1.89 ^{ef}	1.583 ^f	1.287 ^e	3.171 ^{ef}
$I_1 \times Ur$	29.07 ^c	24.83 ^c	35.17 ^c	34.67 ^b	32.60 ^c	38.07 ^c	1.37 ^c	1.24 ^b	2.46 ^b	2.686 ^b	2.065 ^b	4.118 ^b
$I_1 \times V$	31.40 ^b	26.97 ^b	37.53 ^b	35.53 ^b	34.13 ^b	40.67 ^b	1.50 ^b	1.07 ^c	2.48 ^b	2.461 ^c	1.775 ^c	4.152 ^b
$I_1 \times NFB$	27.90 ^d	24.10 ^c	33.97 ^d	34.67 ^b	32.40 ^c	37.50 ^c	1.26 ^d	0.95 ^d	2.36 ^c	2.078 ^d	1.588 ^d	3.953 ^c
$I_1 \times V+NFB$	32.98 ^a	29.60 ^a	40.97 ^a	38.00 ^a	35.77 ^a	43.53 ^a	1.76 ^a	1.37 ^a	2.66 ^a	2.872 ^a	2.272 ^a	4.460 ^a
$I_2 \times F_0$	17.80 ⁱ	14.30 ^h	23.63 ⁱ	16.97 ^h	15.17 ⁱ	23.00 ^h	0.60 ^j	0.54 ^g	1.55 ^h	0.907 ⁱ	0.896 ^g	2.587 ^h
$I_2 \times Ur$	23.13 ^f	19.17 ^e	28.97 ^f	28.47 ^d	25.80 ^f	30.80 ^{ef}	0.80 ^h	0.67 ^f	1.85 ^f	1.208 ^g	1.131 ^f	3.093 ^f
$I_2 \times V$	24.63 ^e	20.61 ^d	31.03 ^e	28.93 ^d	28.40 ^e	34.60 ^d	0.91 ^g	0.79 ^e	1.92 ^e	1.527 ^f	1.323 ^e	3.218 ^e
$I_2 \times NFB$	21.80 ^g	17.63 ^f	27.50 ^g	28.67 ^d	26.40 ^f	31.33 ^e	0.73 ^j	0.70 ^f	1.79 ^g	1.173 ^g	1.177 ^f	2.990 ^g
$I_2 \times V+NFB$	28.00 ^{cd}	24.23 ^c	34.17 ^d	32.43 ^c	30.13 ^d	37.47 ^c	1.11 ^e	0.95 ^d	2.13 ^d	1.857 ^e	1.585 ^d	3.560 ^d
$I_3 \times F_0$	11.27 ^k	10.37 ^j	15.77 ^k	11.33 ^j	9.90 ^j	12.47 ^k	0.21 ^m	0.19 ^j	0.84 ^m	0.344 ^j	0.309 ^j	1.410 ^m
$I_3 \times Ur$	16.30 ^j	13.27 ^j	20.77 ^j	15.80 ^{hi}	12.33 ^k	18.43 ^j	0.27 ^j	0.23 ^j	0.99 ^j	0.449 ^k	0.379 ^{ij}	1.654 ^j
$I_3 \times V$	18.20 ^j	15.50 ^g	22.80 ⁱ	18.63 ^g	15.47 ^j	21.63 ^j	0.45 ^k	0.47 ^h	1.22 ^j	0.757 ^j	0.705 ^h	2.043 ^j
$I_3 \times NFB$	15.93 ^j	13.30 ^{hi}	21.20 ^j	15.50 ^j	13.57 ^j	19.27 ^j	0.24 ^{lm}	0.23 ^j	1.11 ^k	0.405 ^{kl}	0.392 ⁱ	1.851 ^k
$I_3 \times V+NFB$	2037 ^h	18.00 ^f	25.03 ^h	21.20 ^f	17.20 ^h	25.20 ^g	0.62 ^j	0.51 ^{gh}	1.32 ^j	1.046 ^h	0.856 ^g	2.206 ⁱ

***: معنی‌دار در سطح یک هزارم درصد

***: Significant at $P \leq 0.001$

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5٪ می‌باشد.

Means with the same letters in each column indicate no significant difference between treatments at the 5% probability level.

I_1 : آبیاری پس از مصرف 40 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، I_2 : آبیاری پس از مصرف 60 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، I_3 : آبیاری پس از مصرف 80 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه. F_0 : عدم مصرف کود، Ur: کود شیمیایی اوره، V: ورمی کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن.

I_1 : irrigation after depletion of 40% available water, I_2 : irrigation after depletion of 60% available water, I_3 : irrigation after depletion of 80% available water. F_0 : no fertilizer, Ur: urea, V: vermicompost, NFB: nitrogen fixing bacteria (*Azotobacter* + *Azospirillum* + *Pseudomonas*) and V+NFB: vermicompost + nitrogen fixing bacteria

جدول 5- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده مریم‌گلی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی

Table 5- Means comparison of some measured characters of sage under different irrigation regimes and fertilizer treatments

تیمار Treatment	مقدار اسانس (درصد) (Essential oil content) (%)			آلفا توجون (درصد) α -Thujone (%)			8 و 1 سینئول (درصد) 1,8-Cineole (%)			کامفور (درصد) Camphor (%)		
	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.	2012 Sep.	2013 Apr.	2013 Sep.
آبیاری Irrigation	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
I ₁	0.49 ^c	1.12 ^c	1.07 ^c	27.93 ^c	23.69 ^c	29.18 ^c	8.66 ^c	7.38 ^c	8.58 ^c	18.72 ^c	16.48 ^c	19.77 ^c
I ₂	0.97 ^a	2.42 ^a	2.19 ^a	34.12 ^a	31.77 ^a	35.78 ^a	12.97 ^a	11.38 ^a	13.34 ^a	24.81 ^a	22.14 ^a	26.69 ^a
I ₃	0.78 ^b	2.18 ^b	1.95 ^b	29.06 ^b	26.73 ^b	33.23 ^b	10.37 ^b	10.25 ^b	10.79 ^b	23.88 ^b	20.40 ^b	23.96 ^b
کود Fertilizer	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
F ₀	0.66 ^d	1.60 ^e	1.42 ^e	29.65 ^d	27.41 ^a	32.68 ^b	10.23 ^e	9.66 ^c	10.85 ^a	22.16 ^e	19.65 ^c	23.42 ^d
Ur	0.73 ^c	1.85 ^d	1.65 ^d	30.28 ^c	27.27 ^b	32.75 ^a	10.31 ^d	9.68 ^{ab}	10.93 ^b	22.33 ^d	19.67 ^b	23.48 ^b
V	0.77 ^b	2.01 ^b	1.86 ^b	30.67 ^b	27.42 ^a	32.75 ^a	10.89 ^b	9.67 ^{bc}	10.93 ^b	22.60 ^b	19.68 ^{ab}	23.49 ^b
NFB	0.74 ^c	1.90 ^c	1.75 ^c	30.25 ^c	27.42 ^a	32.70 ^b	10.74 ^c	9.66 ^c	10.87 ^g	22.56 ^c	19.66 ^{bc}	23.47 ^c
V+NFB	0.84 ^a	2.15 ^a	2.01 ^a	31.00 ^a	27.45 ^a	32.77 ^a	11.17 ^a	9.70 ^a	10.95 ^a	22.71 ^a	19.69 ^a	23.51 ^a
آبیاری × کود Irrigation × Fertilizer	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
I ₁ × F ₀	0.37 ^j	1.01 ^m	0.94 ⁱ	26.34 ⁱ	23.75 ^c	29.13 ^h	7.48 ^j	7.35 ^f	8.54 ^b	18.63 ^l	16.45 ^g	19.72 ⁱ
I ₁ × Ur	0.49 ⁱ	1.09 ^l	1.06 ^{ik}	28.45 ^{bc}	23.33 ^d	29.19 ^{fg}	8.75 ⁱ	7.41 ^{de}	8.60 ^g	18.78 ^j	16.50 ^e	19.79 ^g
I ₁ × V	0.51 ⁱ	1.15 ^k	1.13 ^{hi}	28.20 ^{gh}	23.76 ^c	29.20 ^f	8.77 ⁱ	7.39 ^{de}	8.60 ^g	18.7 ^{lk}	16.47 ^f	19.78 ^{gh}
I ₁ × NFB	0.50 ⁱ	1.11 ^{kl}	1.03 ^k	28.19 ^h	23.78 ^c	29.15 ^{gh}	8.76 ⁱ	7.37 ^{ef}	8.56 ^h	18.69 ^k	16.48 ^{ef}	19.76 ^h
I ₁ × V+NFB	0.55 ^h	1.24 ^j	1.19 ^h	28.47 ^{ef}	23.81 ^c	29.21 ^f	9.56 ^g	7.42 ^d	8.61 ^g	18.79 ^j	16.50 ^e	19.80 ^g
I ₂ × F ₀	0.89 ^d	1.97 ^b	1.73 ^f	34.01 ^b	31.75 ^a	35.73 ^b	12.67 ^d	11.37 ^b	13.27 ^c	24.60 ^e	22.12 ^b	26.64 ^c
I ₂ × Ur	0.93 ^c	2.38 ^d	2.11 ^d	34.07 ^b	31.77 ^a	35.80 ^a	12.74 ^c	11.39 ^{ab}	13.37 ^a	24.89 ^b	22.13 ^b	26.70 ^b
I ₂ × V	1.00 ^b	2.57 ^b	2.32 ^b	34.11 ^{ab}	31.77 ^a	35.81 ^a	13.26 ^a	11.37 ^{ab}	13.38 ^a	24.83 ^c	22.14 ^b	26.70 ^b
I ₂ × NFB	0.93 ^c	2.45 ^c	2.22 ^c	34.09 ^{ab}	31.75 ^a	31.75 ^b	12.89 ^b	11.36 ^b	13.30 ^b	24.73 ^d	22.13 ^b	26.68 ^b
I ₂ × V+NFB	1.10 ^a	2.71 ^a	2.56 ^a	34.32 ^a	31.79 ^a	35.83 ^a	13.29 ^a	11.41 ^a	13.39 ^a	25.00 ^a	22.16 ^a	26.73 ^a
I ₃ × F ₀	0.70 ^g	1.84 ⁱ	1.59 ^g	28.61 ^e	26.73 ^b	33.18 ^e	10.54 ^f	10.25 ^c	10.74 ^f	23.24 ⁱ	20.38 ^d	23.91 ^f
I ₃ × Ur	0.77 ^f	2.08 ^g	1.79 ^f	28.32 ^{gh}	26.72 ^b	33.25 ^d	9.43 ^h	10.25 ^c	10.82 ^{de}	23.31 ^h	20.38 ^d	23.96 ^e
I ₃ × V	0.80 ^e	2.31 ^e	2.13 ^d	29.70 ^d	26.74 ^b	33.25 ^{cd}	10.65 ^e	10.26 ^c	10.81 ^e	24.25 ^g	20.43 ^c	23.98 ^{de}
I ₃ × NFB	0.78 ^f	2.15 ^f	1.98 ^e	28.47 ^{ef}	26.73 ^b	33.21 ^{de}	10.57 ^f	10.24 ^c	10.76 ^f	24.27 ^g	20.38 ^d	23.97 ^{de}
I ₃ × V+NFB	0.87 ^d	2.50 ^c	2.26 ^{bc}	30.20 ^c	26.76 ^b	33.27 ^c	10.66 ^e	10.27 ^c	10.84 ^d	24.23 ^f	20.42 ^c	23.99 ^d

***: معنی دار در سطح یک هزارم درصد

***: Significant at $P \leq 0.001$

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5٪ می‌باشد.

Means with the same letters in each column indicate no significant difference between treatments at the 5% probability level.

I₁: آبیاری پس از مصرف 40 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، I₂: آبیاری پس از مصرف 60 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، I₃: آبیاری پس از مصرف 80 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه. F₀: عدم مصرف کود، Ur: کود شیمیائی اوره، V: ورمی کمپوست و V+NFB: ورمی کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن.I₁: irrigation after depletion of 40% available water, I₂: irrigation after depletion of 60% available water, I₃: irrigation after depletion of 80% available water. F₀: no fertilizer, Ur: urea, V: vermicompost, NFB: nitrogen fixing bacteria (*Azotobacter*+*Azospirillum*+*Pseudomonas*) and V+NFB: vermicompost + nitrogen fixing bacteria

نتیجه‌گیری

نشان داد که تیمار کودی ورمی کمپوست + باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن بهترین ترکیب کودی در بین تیمارهای مورد آزمایش در افزایش مقادیر خصوصیات رشدی، عملکرد خشک، کمیت و کیفیت اسانس بود.

نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش مقادیر خصوصیات رشدی (ارتفاع، قطر کانوبی و سطح برگ) می‌شود و بیشترین مقادیر کمیت و کیفیت اسانس در تنش متوسط مشاهده شد. همچنین نتایج

جدول 6- مقایسه میانگین برخی صفات اندازه‌گیری شده مریم گلی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری و تیمارهای کودی در زمان‌های مختلف برداشت
Table 6- Means comparison of some measured characters of sage under different irrigation regimes and fertilizer treatments in different harvest times

تیمار Treatment	ارتفاع (سانتی‌متر) Plant height (cm)	قطر کانوپی (سانتی متر) Canopy diameter (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area Index	عملکرد خشک (تن در هکتار) Dry matter yield (t.ha ⁻¹)	مقدار اسانس (درصد) Essential oil content (%)	آلفا توجون (درصد) α-Thujone (%)	1 و 8 سینئول (درصد) 1,8-Cineole (%)	کامفور (درصد) Camphor (%)
آبیاری Irrigation	***	***	***	***	***	***	***	***
I ₁	29.93 ^e	34.09 ^a	1.61 ^a	2.702 ^a	0.89 ^c	26.93 ^c	8.21 ^c	18.32 ^c
I ₂	23.77 ^b	27.90 ^b	1.12 ^b	1.882 ^b	1.86 ^a	33.89 ^a	12.56 ^a	24.56 ^a
I ₃	17.20 ^c	16.53 ^c	0.59 ^c	0.987 ^c	1.64 ^b	29.68 ^b	10.47 ^b	22.75 ^b
کود Fertilizer	***	***	***	***	***	***	***	***
F ₀	18.62 ^e	18.07 ^d	0.84 ^e	1.388 ^e	1.23 ^e	29.91 ^d	10.25 ^e	21.74 ^b
Ur	23.41 ^c	26.33 ^c	1.10 ^c	1.865 ^c	1.41 ^d	30.10 ^c	10.31 ^d	21.83 ^b
V	25.41 ^b	28.67 ^b	1.20 ^b	1.996 ^b	1.55 ^b	30.28 ^b	10.50 ^b	21.92 ^{ab}
NFB	22.59 ^d	26.59 ^c	1.04 ^d	1.730 ^d	1.46 ^c	30.12 ^c	10.42 ^c	21.90 ^{ab}
V+NFB	28.15 ^a	31.21 ^a	1.38 ^a	2.302 ^a	1.66 ^a	30.41 ^a	10.61 ^a	21.97 ^a
آبیاری × کود Irrigation × Fertilizer	***	***	***	***	***	***	***	***
I ₁ ×F ₀	24.81 ^e	24.61 ^g	1.21 ^e	2.014 ^{fg}	0.78 ^l	26.41 ^h	7.79 ^k	18.27 ^m
I ₁ ×Ur	29.69 ^c	35.11 ^c	1.69 ^b	2.956 ^b	0.88 ^k	26.99 ^g	8.25 ⁱ	18.36 ^k
I ₁ ×V	31.97 ^b	36.78 ^b	1.68 ^b	2.796 ^c	0.93 ^j	27.05 ^{fg}	8.25 ⁱ	18.32 ^l
I ₁ ×NFB	28.66 ^d	34.86 ^c	1.53 ^c	2.540 ^d	0.88 ^k	27.04 ^{fg}	8.23 ^j	18.31 ^l
I ₁ ×V+NFB	34.51 ^a	39.10 ^a	1.93 ^a	3.20 ^a	0.99 ^j	27.16 ^f	8.53 ^h	18.36 ^k
I ₂ ×F ₀	18.58 ⁱ	18.38 ⁱ	0.89 ^g	1.463 ^j	1.53 ^g	33.83 ^b	12.44 ^d	24.45 ^e
I ₂ ×Ur	23.76 ^f	28.36 ^f	1.11 ^f	1.811 ^h	1.81 ^d	33.88 ^b	12.50 ^c	24.57 ^b
I ₂ ×V	25.42 ^e	30.64 ^e	1.21 ^e	2.023 ^f	1.96 ^b	33.90 ^{ab}	12.67 ^b	24.56 ^c
I ₂ ×NFB	22.31 ^g	28.80 ^f	1.07 ^f	1.780 ^{hi}	1.87 ^c	33.86 ^{ab}	12.52 ^c	24.51 ^d
I ₂ ×V+NFB	28.80 ^{cd}	33.34 ^d	1.40 ^d	2.334 ^e	2.12 ^a	33.98 ^a	12.70 ^a	24.63 ^a
I ₃ ×F ₀	12.47 ^k	11.23 ^k	0.41 ^k	0.688 ⁿ	1.38 ^h	29.51 ^d	10.51 ^f	22.51 ^j
I ₃ ×Ur	16.78 ^j	15.52 ^j	0.49 ^j	0.827 ^m	1.54 ^g	29.43 ^d	10.17 ^g	22.55 ⁱ
I ₃ ×V	18.83 ⁱ	18.58 ⁱ	0.71 ⁱ	1.168 ^l	1.75 ^e	29.90 ^c	10.57 ^e	22.89 ^g
I ₃ ×NFB	16.81 ^j	16.11 ^j	0.53 ^j	0.883 ^m	1.64 ^f	29.47 ^d	10.52 ^f	22.87 ^h
I ₃ ×V+NFB	21.13 ^h	21.20 ^h	0.82 ^h	1.369 ^k	1.88 ^c	29.08 ^e	10.59 ^e	22.91 ^f
زمان برداشت Harvest time	***	***	***	***	***	***	***	***
مهر 1391 September 2012	22.85 ^b	25.61 ^b	0.86 ^b	1.424 ^b	0.75 ^c	30.37 ^b	10.67 ^b	22.47 ^b
اردیبهشت 1392 May 2013	19.47 ^c	23.34 ^c	0.71 ^c	1.183 ^c	1.90 ^a	27.40 ^c	9.67 ^c	19.67 ^c
مهر 1392 September 2013	28.84 ^a	29.58 ^a	1.77 ^a	2.964 ^a	1.74 ^b	32.73 ^a	10.91 ^a	23.47 ^a

***: معنی دار در سطح یک هزارم درصد

***.Significant at $P \leq 0.001$

میانگین‌های دارای حروف یکسان در هر ستون بیانگر عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارها در سطح 5٪ می‌باشد.

Means with the same letters in each column indicate no significant difference between treatments at the 5% probability level.

I₁: آبیاری پس از مصرف 40 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، I₂: آبیاری پس از مصرف 60 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، I₃: آبیاری پس از مصرف 80 درصد رطوبت قابل استفاده در عمق توسعه ریشه، F₀: عدم مصرف کود، Ur: کود شیمیائی اوره، V: ورمی کمپوست و V+NFB: ورمی کمپوست + باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن.

I₁: irrigation after depletion of 40% available water, I₂: irrigation after depletion of 60% available water, I₃: irrigation after depletion of 80% available water. F₀: no fertilizer, Ur: urea, V: vermicompost, NFB: nitrogen fixing bacteria (*Azotobacter*+*Azospirillum*+*Pseudomonas*) and V+NFB: vermicompost + nitrogen fixing bacteria

منابع

Abdelaziz, M., Pokluda, R., and Abdelwahab, M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilization upon growth, chemical composition and essential oil production of (*Rosmarinus officinalis* L.). Notulae Botanica

- Horti Agrobotanici Cluj-Napoca Journal 35(1): 86-90.
- Ahmadian, A., and Nourzad, S. 2014. Effect of water stress and harvesting stages on quantitative and qualitative yields of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Journal of Agroecology 6(1): 130-141. (In Persian with English summary)
- Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., 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.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atieyh, R.M., and Metzger, J.D. 2004. Effect of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. Bioresource Technology 93: 139-143.
- Arancon, N.Q., Galvis, P.A., and Edwards, A. 2005. Suppression of insect pest populations and damage to plants by vermicomposts. Bioresource Technology 96(10): 1137-1142.
- Azadbakht, M. 1999. Taxonomy of Medicinal Plants. Teimourzadeh Publications. Tehran, Iran. (In Persian)
- Bahreininejad, B., Razmjoo, J., and Mirza, M. 2013. Influence of water stress on morpho-physiological and phytochemical traits in *Thymus daenensis*. International Journal of Plant Production 7: 151-166
- Bettaieb, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F., and Marzouk, B. 2011. Drought effects on polyphenol composition and antioxidant activities in aerial parts of *Salvia officinalis* L. Acta Physiologiae Plantarum 33: 1103-1111.
- Bettaieb, I., Jabri-Kroui, I., Hamrouni-sellam, I., Bourgou, S., Limam, F., and Marzouk, B. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products 36: 238-245.
- Bettaieb, I., Zakhama, N., Wanes, W., and Marzouk, B. 2009. Water deficit effects on (*Salvia officinalis*) fatty acids and essential oils composition. Scientia Horticulturae 120(2): 271-275.
- Carrubba, A., Latorre, R., and Matranga, M. 2002. Cultivation trials of some aromatic and medicinal plants in a semi-arid mediterranean environment. Proceeding of an International Conference on MAP, Budapest, Hungary, Acta Horticulture 576: 207-213.
- Chen, J.H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustainable Management of the Soil-Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. Thailand, 16-20 October p. 1-11.
- Corell, M., Garcia, M.C., Contreras, J.I., Segura, M.L., and Cermenio, P. 2012. Effect of water stress on *salvia officinalis* L. bioproductivity and its bioelement concentrations. Communications in Soil Science and Plant Analysis 43:419-425.
- Duke, J.A. 2001. Handbook of Medicinal Herbs, CRC Publications, LLC, USA.
- Esmailpour, B., Jalilvand, P., and Hadian, J. 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology 5(2): 169-177. (In Persian with English summary)
- Ghazi Manas, M., Babj Shafiee, Sh., Hajseyd Hadi, M.R., and Darzi, M.T. 2013. Effects of vermicompost and nitrogen on qualitative and quantitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(2): 269-280. (In Persian with English Summary)
- Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181-192.
- Hsiao, T.C. 1973. Plant responses to water stress. Annual Review of Plant Physiology 24: 519-570.
- Khalafallah, A.A., and Abo-Ghalia, H.H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Sciences Research 4(5): 559-569.
- Khalesro, S., Ghalavand, A., Sefidkon, F. and Asgharzadeh, A. 2012. The effect of biological and organic inputs on quantity and quality of essential oil and some elements content of anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 27(4): 551-560. (In Persian with English Summary)
- Liu, E., Yan, C., Mei, X., He, W., Bing, S.H., Ding, L., Liu, Q., Liu, S., and Fan, T. 2010. Long-term effect of chemical fertilizer, straw, and manure on soil chemical and biological properties in northwest China. Geoderma 158: 173-180.
- Lotfi, M., Abbaszadeh, B., and Mirza, M. 2014. The effect of drought stress on morphology, proline content and soluble carbohydrates of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 30(1): 19-

29. (In Persian with English summary)
- Mahboub Khomami, A. 2008. The effects of kind and rate of vermicompost in pot medium on the growth of ficus bengamina. Seed and Plant Improvement Journal 24(2): 333-349.
- Mahfouz, S.A., and Sharaf-Eldin, M.A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). International Agrophysics 21: 361-366.
- 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.
- Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass and hypotheses. Plant, Cell and Environment 16: 15-24.
- Omidbaygi, R. 1995. Approaches for Production and Processing of Medicinal Plants (Vol. I). Tarrahan Nashr Publication. Tehran, Iran. (In Persian)
- Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., and Kumari, U.R. 2008. An experimental study of vermin biowaste composting for agriculture soil improvement. Bioresource Technology 99: 1672-1681.
- Perry, E.K., Pickering, A.T., Wang, W.W., Houghton, P.J., and Perry, N.S.L. 2005. Medicinal plants and Alzheimer's disease: from ethnobotany to phytotherapy. Journal of Pharmacy and Pharmacology 51: 527-534.
- Piccaglia, R., Marotti, M., and Dellacecca, V. 1997. Effect of planting density and harvest date on yield and chemical composition of sage oil. Journal of Essential Oil Research 9: 187- 191.
- Prabha, M.L., Jayraaj, I.A., Jayraaj, R., and Rao, D.S. 2007. Effective of vermicompost on growth parameters of selected vegetable and medicinal plants. Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences 9: 321- 326.
- Roesty, D., Gaur, R., Johri, B.N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry 38(5): 1111-1120.
- Sangwan, P., Kaushik, C.P., and Garg, V.K. 2008. Feasibility of utilization of horse dung spiked filter cake in vermicomposters using exotic earthworm *Eisenia foetida*. Bioresource Technology 99: 2442-2448.
- Santos-Gomes, P.C., Seabra, R.M., Andrade, P.B., and Fernandes-Ferreira, M. 2002. Phenolic antioxidant compounds produced by in vitro shoots of sage (*Salvia officinalis* L.). Plant Science 162: 981-987.
- Shaharoon, B., Arshad, M., Zahir, Z.A., and Khalid, A. 2006. Performance of Pseudomonas spp. Containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 38(9): 2971-2975.
- Sharma, A. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture. Agrobios. India.
- Shirzadi, F., Ardakani, M.R., and Asadi Rahmani., H. 2014. Effect of biofertilizers on quantitative characterization of basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agroecology 6(3): 542-551. (In Persian with English summary)
- Vildova, A., Stolcova, M., Kloucek, and Orsak, P.M. 2006. Quality characterization of chamomile (*Matricaria recutita* L.) in organic and traditional agricultures. International Symposium on Chamomile Research Development and Production. Presov, Slovak Republic, 7-10 June, p. 81-82.
- Yousefzadeh, S., Modarres-Sanavy, S.A.M., Sefidkon, F., Asgarzadeh, A., Ghalavand, A., Roshdi, M., and Safaralizadeh, A. 2013. Effect of biofertilizer, azocompost and nitrogen on morphologic traits and essential oil content of *Dracocephalum moldavica* L. in two regions of Iran. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 29(2): 438-459. (In Persian with English Summary)



Comparing Different Soil Fertility Systems on Some Physiological Characteristics, Yield and Essential Oil of Sage (*Salvia officinalis* L.) under Different Irrigation Regimes

M. Govahi¹, A. Ghalavand^{2*}, F. Nadjafi³ and A. Sorooshzadeh⁴

Submitted: 10-03-2015

Accepted: 01-07-2015

Govahi, M., Ghalavand, A., Nadjafi, F., and Sorooshzadeh, A. 2017. Comparing different soil fertility systems on some physiological characteristics, yield and essential oil of sage (*Salvia officinalis* L.) under different irrigation regimes. Journal of Agroecology, 9(2): 445-457.

Introduction

Sage is a popular medicinal plant which is widely used in food and pharmaceutical industries. Vermicompost are a rich source of macronutrients, micronutrients, vitamins, enzymes and plant growth promoter hormones. Therefore, the use of vermicompost in sustainable agriculture, in addition to increasing population and activity of beneficial soil microorganisms, causes the rapid growth of medicinal plants. The uses of bacteria (*Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas*) as a biofertilizer have causes increasing the efficiency of nitrogen and phosphorus fertilizers and improving the growth of several crops. Drought stress is one of the most important environmental stresses that affect the growth and yield of plants. Management of nutrients in plants, especially during drought conditions and to assess this management on quantity and quality of sage medicinal plant is very important. Limited information are available about the response of sage under water deficiency conditions in different fertilizing systems, so the aim of this research was to study the growth, yield and essential oil production of Sage under different irrigation regimes.

Material and Methods

Field experiments were carried out at the field research station of Faculty of Agriculture of Tarbiat Modares University in Tehran, Iran during two growing seasons (2011-2012 and 2012-2013).

The experiment was laid out in split plot based on randomized complete block design with three replications. Three irrigation levels including irrigation after depletion of 40% available water (I1), irrigation after depletion of 60% available water (I2), irrigation after depletion of 80% available water (I3) as the main plots and five different soil fertility systems including control (no fertilizer) (F0), chemical fertilizer (urea=150 kg/ha⁻¹) (Ur), nitrogen fixing bacteria (*Azotobacter*+*Azospirillum*+*Pseudomonas*) (NFB), vermicompost (8 t/ha⁻¹) (V) vermicompost + nitrogen fixing bacteria (V+NFB) as sub plots were allocated. A TDR probe (Time-Domain Reflectometry, Model TRIME-FM, England) was applied to measure soil water content. Essential oil extraction was subjected to conventional hydro distillation using a Clevenger-type apparatus in accordance. Essential oil analysis was performed using a TRACE GC (ThermoQuest-Finnigan) equipped with a DB-5 fused silica column (30 m × 0.25 mm, 0.25 µm film thickness). GC-MS analyses were carried out on a TRACE MS (ThermoQuest-Finnigan).

Results and Discussion

The highest plant height, canopy diameter, leaf area and dry matter yield were obtained at no stress and V+NFB in all three harvests. Also, the maximum essential oil content and essential oil compounds were obtained at moderate stress and V+NFB in all three harvests. Among the three times harvest, the highest plant height (28.84 cm), canopy diameter (29.58 cm), leaf area (1.77 m.m⁻²) and dry matter yield (296 g. m⁻²) were observed at third harvest time. The maximum essential oil content (1.90%) was obtained at second harvest time and the highest α -thujone (32.73%), 1, 8- cineol (10.91%) and camphor (32.47%) were observed at third harvest time.

1, 2, 3 and 4- PhD Student in Agronomy, Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University of Tehran, Assistant Professor, Department of Agriculture, Medicinal Plants and Drug Research Institute, Shahid Beheshti University of Tehran and Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University of Tehran, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: ghalavaa@modares.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.45974

Reduction in the morphological characteristics and dry matter by increasing drought stress could be the result of a preferential allocation of biomass production to the roots or a reduction in chlorophyll content and photosynthesis efficiency. Positive and synergistic effects between vermicompost and bacteria can increase bacterial activity in the soil and rhizosphere through mechanisms such as production of growth hormone which increased root growth. Increasing in essential oil concentration under water stress could be due to the fact that plants produce high terpene concentrations under water stress conditions and low allocation of carbon to the growth, therefore can be a trade-off between growth and defense. Vermicompost and nitrogen fixing bacteria by providing more uptake of phosphorus and nitrogen increase the essential oil content.

Conclusion

The results showed that drought stress reduced the growth characteristics (height, canopy diameter and leaf area), and the highest amounts of essential oil content and quality were observed in moderate stress. In addition, vermicompost + nitrogen fixing bacteria treatment was the best fertilizer combination among all treatments in increasing the growth characteristics, dry matter yield, and essential oil quantity and quality.

Keywords: Drought stress, Essential oil, Organic nutrition, Soil fertility



ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید زیتون (*Olea europaea* L.) با استفاده از ارزیابی چرخه

حیات: مطالعه موردی شهرستان طارم، استان زنجان

احسان خدارضایی¹، هادی ویسی^{2*}، امید نوری³، مهدی طاهری⁴ و کوروس خوشبخت⁵

تاریخ دریافت: 1394/02/08

تاریخ پذیرش: 1394/06/01

خدارضایی، ا.، ویسی، ه.، نوری، ا.، طاهری، م.، و خوشبخت، ک. 1396. ارزیابی اثرات محیط زیستی تولید زیتون (*Olea europaea* L.) با استفاده از ارزیابی چرخه حیات: مطالعه موردی شهرستان طارم، استان زنجان. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 458-474.

چکیده

توسعه کشاورزی رایج در ایران، اثرات زیان‌باری روی محیط‌زیست و منابع طبیعی وارد کرده است. زیتون یکی از محصولاتی است که در سال‌های اخیر، کشت آن با سرعت زیادی در ایران توسعه یافته است. این در حالی است که در مورد عواقب و اثرات محیط‌زیستی تولید زیتون (*Olea europaea* L.) مطالعه‌ای صورت نگرفته است. به همین منظور در این پژوهش، اثرات محیط‌زیستی تولید زیتون در شهرستان طارم واقع در استان زنجان در سال 1392-93 بررسی شد. در این مطالعه از روش ارزیابی چرخه حیات برای تعیین نقاط داغ چرخه حیات تولید زیتون استفاده شد. داده‌های ورودی و خروجی تولید زیتون با استفاده از پرسشنامه و اندازه‌گیری مستقیم جمع‌آوری شدند و برای اطلاعات مربوط به تولید نهاده‌ها از پایگاه داده اکواینونت موجود در نرم‌افزار سیماپرو 7.2 استفاده شد. در این مطالعه، ارزیابی اثر با استفاده از روش CML 2 baseline 2000 V2.04/ world، characterization 1995/ انجام شد. نتایج نشان داد که تولید زیتون در شرایط منطقه طارم اثرات محیط زیستی بالایی را ایجاد می‌کند به‌طوری‌که تولید زیتون در منطقه طارم در مقایسه با تولید زیتون در مطالعات مشابه، در هفت طبقه اثر (تخلیه منابع غیرزنده، اسیدی شدن، پتانسیل گرمایش جهانی، تخریب لایه اوزون، سمیت برای اکوسیستم‌های آب شیرین، سمیت برای اکوسیستم‌های دریایی و سمیت برای اکوسیستم‌های خشکی) حداقل بیش از دو برابر اثر محیط زیستی بالاتری ایجاد می‌کرد و فقط در طبقه اثر پرغذایی شدن، اثر محیط زیستی کمتری داشت. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که تولید کودهای شیمیایی و انتشارات مستقیم از باغ زیتون بیشترین نقش را در تولید آلاینده‌ها داشتند.

واژه‌های کلیدی: انتشارات، سیماپرو، کشاورزی

مقدمه

نیتروژن و فسفر و نیز آفت‌کش‌ها شده است (Flury, 2005). در ایران کشاورزی رایج، روی محیط زیست، منابع طبیعی و سلامت تولیدات کشاورزی وارد کرده است. بحران کمبود آب، آلودگی نیتراتی برخی منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی (Mahvi et al., 2011; al., 2005)، فرسایش خاک، ورود آفت‌کش‌ها و کودها به منابع آب‌وخاک (Fadaei et al., 2012; Kafilzadeh et al., 2012; Talebi, 1998) بیماری‌های ناشی از آن‌ها (Dahmardeh et al., 2009)، استفاده از فاضلاب‌های شهری تصفیه نشده برای آبیاری محصولات کشاورزی (Bigdeli & Seilsepour, 2008) و آلودگی

فعالیت‌های کشاورزی رایج منجر به مشکلات متعدد محیط زیستی مانند مصرف بالای منابع غیرقابل تجدید، گرمایش جهانی، از بین رفتن تنوع زیستی، آلودگی محیط‌های آبی توسط مواد مغذی

1، 2، 3، 4 و 5- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار، استادیار، گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی زنجان و دانشیار گروه کشاورزی اکولوژیک، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، (* - نویسنده مسئول Email: hveisi@gmail.com)

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در در شهرستان طارم و در بازه زمانی بین سال 1392-93 انجام شد. شهرستان طارم در 95 کیلومتری شمال شرقی شهر زنجان با مختصات جغرافیایی 48 درجه و 56 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 47 دقیقه عرض شمالی قرار دارد. با توجه به اقلیم نیمه گرمسیری شهرستان که مشابه آب و هوای مدیترانه‌ای است، منطقه بدین لحاظ از سایر مناطق استان متفاوت شده و از نظر کشاورزی و باغبانی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. درجه حرارت مساعد، بافت خاک و رطوبت مناسب هوا همگی از ویژگی‌های بارز این منطقه می‌باشند که از زمان‌های قدیم مورد توجه کشاورزان بوده و در نتیجه گسترش باغ‌های زیتون در این منطقه انجام شده است.

ارزیابی چرخه حیات

اثرات محیط زیستی کشاورزی می‌تواند به وسیله ابزارهای مختلفی ارزیابی شود. روش‌های سنتی تعیین مشکلات محیط زیستی جامع نبوده و اغلب روی یک جنبه خاص تمرکز داشتند. این رویکردها اغلب منجر به تغییر مکان مشکلات محیط زیستی در مراحل چرخه حیات محصول می‌شدند (Brenttrup, 2001; Payraudeau & Van Der Werf, 2005). در میان ابزارهای موجود، ارزیابی چرخه حیات¹ روش جامعی برای ارزیابی اثرات محیط زیستی تولیدات، فرایندها و خدمات است (Thomassen et al., 2008). ارزیابی چرخه حیات یک روش مناسب برای ارزیابی همه اثرات محیط زیستی مربوط به یک محصول، فرآیند یا فعالیت است که با شناسایی، کمی‌سازی و ارزیابی منابع مصرف‌شده، انتشارات و پسماندهای آزادشده به محیط‌زیست ارزیابی جامعی را ارائه می‌دهد (Chehebe, 1997; Rebitzer et al., 2004). طی سال‌های 1997 تا 2000 میلادی سازمان استاندارد جهانی، سه دستورالعمل اختصاصی به ترتیب موسوم به ایزو 14041، ایزو 14041 و ایزو 14042 را برای محاسبه ارزیابی چرخه حیات تدوین کرد. در این دستورالعمل‌ها چهار مرحله کلی برای ارزیابی چرخه حیات ارائه شده است: تعریف هدف و حوزه، صورت‌برداری، ارزیابی اثر و تفسیر.

محصولات تولیدشده (Hani & Pazira, 2011) از جمله مشکلات محیط زیستی کشاورزی در کشور است.

در بخش کشاورزی، پتانسیل رشد برای تولیدات باغی در کشورهای در حال توسعه و اقتصادهای توسعه‌نیافته بالا است (Horne et al., 2009). صنعت باغبانی به علت استفاده از ماشین‌آلات کشاورزی، دستگاه‌های آبیاری، نهاده‌های شیمیایی، حمل‌ونقل و سیستم‌های ذخیره محصولات، مصرف‌کننده بخش معنی‌دار انرژی و مواد است و آلاینده‌های مختلفی را به محیط‌زیست منتشر می‌کند (Gunady et al., 2012). از این‌رو، تلاش برای کاهش اثرات محیط زیستی محصولات باغی می‌تواند زمینه پایداری بهره‌وری در این بخش را فراهم کند و گام اول آن، آگاهی از این اثرات است. در این راستا، مطالعه اثرات محیط زیستی باغات زیتون در ایران از اهمیت زیادی دارد، زیرا زیتون (*Olea europaea* L.) یکی از محصولات باغی است که در سال‌های اخیر، کشت آن در ایران با شدت زیادی توسعه یافته است. قدرت سازگاری بالا، کاربری دو منظوره (روغنی و کنسروی) و خواص درمانی این گیاه موجب شده که افزایش سطح زیر کشت زیتون در برنامه‌های توسعه کشور قرار گیرد. بر اساس آمار فائو، ایران با 29598 هکتار سطح کشت‌شده و تولید 37954 تن زیتون، مقام دوازدهم را در رده‌بندی جهانی در سال 2011 میلادی قرار دارد (FAO, 2012). تخمین زده شده است که به دلیل افزایش سطح زیر کشت، این مقدار در سال 2026 به 40400 تن تولید 121200 تن خواهد رسید (www.maj.ir; 2012)، بدیهی است که در کنار اثرات اقتصادی و اجتماعی این رشد و توسعه در کشت زیتون، اثرات اکولوژیکی و محیط زیستی نیز به بار آمده است. موضوعی که از سوی محققان مختلفی در سراسر جهان اشاره شده است.

برای سالمون و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) اثراتی مانند سمیت برای انسان، گرمایش جهانی، سمیت و آلودگی خاک و تولید پسماند را در این زمینه گزارش داده‌اند. هرچند این اثرات در مورد توسعه کشت زیتون در ایران نیز می‌تواند مصداق داشته باشد، اما تا به حال در این زمینه مطالعه‌ای صورت نگرفته است؛ بنابراین نیاز است که اثرات محیط زیستی مربوط به تولید زیتون و توسعه کشت آن بررسی و ارزیابی شود. بر این اساس، در مطالعه حاضر اثرات محیط زیستی کشت زیتون در منطقه طارم به عنوان قطب زیتون کشور بررسی و تبیین گردید. به این امید که اطلاعات مناسبی برای سیاست‌گذاران جهت تدوین استراتژی‌های مناسب برای تولید و توسعه زیتون فراهم آورد.

تعریف هدف و حوزه¹

در این مرحله ابتدا اهداف مطالعه تعریف و سپس بر اساس آن، واحد کمی‌کننده سیستم (واحد کارکردی) و محدوده مطالعه (مرز سیستم) تعیین می‌شود. هدف از ارزیابی چرخه حیات تولید زیتون تعیین نقاط داغ چرخه حیات تولید آن و ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات محیط زیستی مربوطه است.

واحد کارکردی مرجعی است که کارکرد سیستم و اثرات محیط زیستی بر مبنای آن به‌صورت کمی بیان می‌شوند (ISO, 2006). واحد کارکردی² اغلب بر اساس وزن یا حجم محصول مورد مطالعه تعیین می‌شود اما ارزش تغذیه‌ای، واحد دامی و اقتصادی و همچنین استفاده از زمین نیز به‌عنوان واحد کارکردی استفاده می‌شوند (Cederberg & Mattsson, 2000). واحد کارکردی وزن و زمین بیشترین واحد کارکردی در مطالعات کشاورزی است (Khoshnevisan et al., 2014; Abeliotis et al., 2013; Nemecek et al., 2011; Pelletier et al., 2008; Liu et al., 2010). در این مطالعه واحد کارکردی یک‌تن زیتون در نظر گرفته شد.

مرز سیستم³ شامل همه مواد مصرف‌شده در تولید محصول و انتشارات مربوط به آن‌هاست. همه مواردی که در چرخه حیات محصول سهیم هستند داخل مرز سیستم نشان داده می‌شوند (Roy et al., 2009). در زمینه تولیدات غذایی، یک مطالعه ارزیابی چرخه حیات به‌صورت کامل و ایده‌آل باید شامل تولید کشاورزی، تصفیه و فراوری صنعتی، ذخیره و توزیع، مصرف و مدیریت پسماند باشد (Roy et al., 2009). معمولاً به دلیل دشواری جمع‌آوری و نبود برخی داده‌ها برای انجام ارزیابی کامل چرخه حیات، پژوهشگران مرز سیستم را تا خروجی مزرعه انتخاب می‌کنند. در این تحقیق، مرز سیستم از "گهواره تا درب باغ⁴ زیتون" تعریف شد. بنابراین، در این مطالعه، اثرات محیط زیستی از استخراج مواد خام در تولید نهاده (استخراج مواد خام، فراوری و تولید نهاده‌ها، حمل‌ونقل، مصرف نهاده‌ها، فعالیت‌های کشاورزی و تولید محصول) تا درب مزرعه ارزیابی شده است.

صورت‌برداری⁵

این مرحله شامل جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز به‌منظور کمی کردن تمامی درون‌دادها و برون‌دادها مرتبط با تولید یک تن زیتون است. در تحقیق حاضر، مرز سیستم تا مرحله تولید کشاورزی است. مرحله کشاورزی شامل روش‌های کشاورزی است که توسط کشاورز به‌کاربرده می‌شود مانند آبیاری و روش‌های آن، کنترل علف‌های هرز، هرس، مدیریت استفاده از کودها و آفت‌کش‌ها، داده‌های لازم برای این مطالعه به دو دسته داده‌های اولیه و ثانویه تقسیم می‌شوند. داده‌های اولیه شامل مقدار کودها و آفت‌کش‌های مصرف‌شده، مقدار برداشت میوه زیتون، مصرف آب و الکتریسیته برای آبیاری، مصرف سوخت برای تراکتور و سایر ماشین‌آلات و غیره است. این داده‌ها از طریق مشاهده، نمونه‌برداری و پرسشنامه جمع‌آوری شدند. تعداد 60 پرسشنامه در روستاهای مختلف و از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان پر شد. داده‌های اقلیمی و خاکی مورد نیاز از "مرکز تحقیقات زیتون کشور" واقع در بخش گیلوان شهرستان طارم جمع‌آوری شد.

داده‌های ثانویه شامل منابع داده‌های مختلف است؛ مقالات بین‌المللی که برای برآورد داده‌هایی که جمع‌آوری آن‌ها از مزارع امکان‌پذیر نیست (مانند انتشار نیتروژن و آفت‌کش‌ها و برخی ترکیبات از مزارع) و پایگاه‌های داده بین‌المللی که در محاسبه مصرف مواد انرژی برای تولید نهاده‌ها استفاده می‌شود (مانند آفت‌کش‌ها و کودها). برای صورت‌برداری داده‌های مربوط به تولید کودها و آفت‌کش‌ها از داده‌های پایگاه⁵ EcoInvent® 2.0 موجود در نرم‌افزار 7.2 SimaPro استفاده شد.

برآورد انتشارات مستقیم از باغ زیتون (مانند انتشار ترکیبات نیتروژنه، فسفر و آفت‌کش‌ها) بر اساس روش‌های موجود در مقالات بین‌المللی محاسبه شد. انتشارات نیتروژن و فسفر ناشی از مصرف کودهاست. در مطالعات LCA در کشاورزی، انتشارات مستقیم نیتروژن معمولاً در مرحله تولید کشاورزی اتفاق می‌افتد.

انتشارات نیتروژن شامل انتشار آمونیاک (NH_3) از طریق تصعید، انتشار نیتروژن اکسید (N_2O) و آبشویی نترات است. اغلب برآورد انتشار واقعی و دقیق نیتروژن به محیط آب‌وهوا مشکل است چون به نوع

- 1- Goal and scope
- 2- Functional unit
- 3- System boundary
- 4- Cradle to farm gate

به هوا منتشر می‌شود. داده‌های به‌دست‌آمده از مرحله صورت‌برداری در جداول 1 و 2 گنجانده شده‌اند. این داده‌ها شامل ورودی‌ها و خروجی‌های باغ زیتون در شهرستان طارم است.

جدول 1- ورودی‌های سیستم تولید زیتون (به ازای یک تن میوه)
Table 1- Inputs of olive production system (per 1 t fruit)

ورودی‌ها Inputs	واحد Unit	مقدار Amount
گازوئیل Diesel fuel	کیلوگرم kg	48.04
کود شیمیایی Chemical fertilizer		
اوره Urea	کیلوگرم kg	62.8
سوپرفسفات تریپل Triple Super Phosphate	کیلوگرم kg	53.9
سولفات پتاسیم Potassium sulphate	کیلوگرم kg	46.4
آفت‌کش‌ها Pesticides	کیلوگرم kg	5.6
کود حیوانی Farmyard manure	کیلوگرم kg	1222
الکتریسیته Electricity	کیلووات بر ساعت KW.h ⁻¹	476

اغلب باغ‌های زیتون در شهرستان طارم به‌صورت سنتی احداث شده‌اند. اغلب باغداران منطقه فاقد تحصیلات عالی بوده و مدیریت باغات به صورت سنتی و فاقد سطح بالایی از مکانیزاسیون بود.

به‌طور کلی سن باغ‌های مورد مطالعه از 5 تا 30 سال متغیر بود. رقم زرد و روغنی، 80 درصد ارقام مورد استفاده را تشکیل می‌داد. تراکم درختان در بیشتر باغات به‌صورت 7 × 7 متر (200 درخت در هکتار) بود. متوسط عملکرد زیتون در باغات، 3/34 تن بود. کوددهی به صورت چال کود بوده و از کودهای دامی (گوسفندی و گاوی) و شیمیایی (اوره، سوپرفسفات تریپل، سولفات پتاسیم) استفاده می‌شد. به دلیل فقدان دانش و سواد کافی باغداران، کودهای ریزمغذی در منطقه استفاده نمی‌شد (به جزء دو باغ بزرگ منطقه که مربوط به نهادهای دولتی بودند). آفت‌کش‌های مورد استفاده شامل دیازینون، مالاتیون و کارباریل، رانداپ، پاراکوات و کاربندازیم بودند. الکتریسیته مصرفی در باغ مربوط به مصرف آن در پمپ آب بود، البته در تعداد کمی از مزارع به‌جای موتور برق از موتور تراکتور برای پمپاژ استفاده می‌کردند، اما چون تعداد کمی از کشاورزان و مقدار کمی از سطح زیر کشت را

خاک، شرایط اقلیمی و عملیات مدیریتی کشاورزی وابستگی زیادی دارد. اندازه‌گیری این انتشارات، نیازمند صرف وقت و هزینه زیادی است که در هر مورد نیز تغییرپذیری زیادی نشان می‌دهد (Isermann, 1990). به این منظور در اهداف LCA، مقدار میانگین انتشار بالقوه، با توجه به شرایط رایج حاکم بر سیستم تحت بررسی تعیین می‌شود. بنابراین روش‌هایی مورد نیاز است که با در نظر گرفتن ویژگی‌های هر مکان، محاسبه انتشار بالقوه نیتروژن را برای پژوهشگران LCA تسهیل کند (Brentup et al., 2000).

در این مطالعه مانند اغلب مطالعات ارزیابی چرخه حیات کشاورزی، برای تخمین انتشارات ترکیبات نیتروژن (N_2O ، NH_3 و NO_3) ناشی از مصرف کودها، از روش پیشنهادی برنترپ و همکاران (Brentup et al., 2004)، آی‌پی‌سی‌سی (IPCC, 2000) و آی‌پی‌ای (EPA, 1995) استفاده شد. در شرایط طارم با استفاده از روش برنترپ و همکاران (Brentup et al., 2000)، میزان آبیویی نیترات صفر برآورد شد. علت این امر، مقدار بارندگی کم منطقه در سال است. با توجه به این روش، بارندگی سالانه شهرستان طارم به‌اندازه‌ای نیست که منجر به آبیویی نیترات شود.

انتشار فسفر ناشی از کودهای فسفره است که در اثر فرسایش و رواناب به آب‌های سطحی وارد می‌شود. روش مصرف کود در اغلب باغات مورد مطالعه به صورت چال کود بود، در این روش چاله‌ای در کنار درخت به عمق 0/7 تا 1 متر حفر می‌شود و کود شیمیایی و دامی به‌صورت مخلوط درون چاله دفن می‌شود. در روش چال کود تلفات کود به حداقل می‌رسد. بنابراین، با توجه به عدم تحرک فسفات در خاک و نیز دفن کردن کود در عمق چاله، مقدار تلفات فسفات از طریق رواناب و فرسایش، صفر برآورد شد.

مصرف سوخت دیزل در موتور تراکتور و سایر ماشین‌آلات مربوطه، منجر به آزاد شدن برخی ترکیبات مضر به هوا می‌شود. فاکتورهای انتشار برای مصرف سوخت دیزل توسط آی‌پی‌سی‌سی (IPCC, 1996) و ساهل و پاتینگ (Sahle & Potting, 2013) ارائه شده است. برای برآورد انتشار آفت‌کش‌ها به هوا از روش پیشنهادی فن دن برگ و همکاران (Van den Berg et al., 1999) استفاده شد. بر اساس این راهنما، 30 تا 50 درصد از کل آفت‌کش مصرفی به هوا منتشر می‌شود.

اسپری کردن و تصعید پس از آن، دلایل اصلی انتشار آفت‌کش‌ها هستند. در این مطالعه فرض شد که 30 درصد آفت‌کش‌های مصرفی

شامل می‌شدند بنابراین، مصرف گازوئیل برای پمپ آب لحاظ نشد. روش آبیاری در منطقه به دو صورت قطره‌ای و غرقابی بود. سوخت دیزل در تراکتورها مصرف می‌شد. باغداران برای مدیریت علف‌های هرز عمدتاً از علف‌کش‌ها استفاده می‌کردند. هرس درختان و برداشت زیتون به صورت دستی انجام می‌شد.

در بخش خروجی‌ها از باغ زیتون، انتشار از باغ به منابع آب، مقدار ورود نیتрат و فسفات به آب‌های زیرزمینی و سطحی بررسی شد. طبق روش برنترپ و همکاران (Brenttrup et al., 2000)، آبشویی

نیترات به آب‌های زیرزمینی رخ نمی‌داد. این به امر به دلیل بارندگی کم در منطقه (257 میلی‌متر در سال) و در نتیجه اشباع نشدن خاک از آب بود. همچنین به دلیل این که اکثر کشاورزان منطقه برای کوددهی از روش چال کود استفاده می‌کردند، مقدار انتشار فسفات به آب‌های سطحی صفر در نظر گرفته شد چون در این روش کوددهی، کود در ته چاله عمیق جای می‌گرفت. تثبیت نیتروژن و دنیتریفیکاسیون صفر در نظر گرفته شد، زیرا کف باغات فاقد گیاهان پوششی و تثبیت‌کننده بود و رطوبت خاک نیز در باغات زیتون کم بود.

جدول 2- خروجی‌های سیستم تولید زیتون (به ازای یک تن میوه)

Table 2- Outputs of olive production system (per 1 ton fruit)

خروجی‌ها Outputs	واحد Unit	مقدار Amount
تولید زیتون (هکتار) olive produced (ha)	تن t	3.34
انتشارات مزرعه به آب Emission to water		
نیترات Nitrate	کیلوگرم kg	0
فسفات Phosphate	کیلوگرم kg	0
انتشار از مزرعه به هوا Emission to air		
انتشار از طریق دنیتریفیکاسیون Denitrification		0
انتشار NH_3 NH_3 emission	kg	15.03
Emission N_2O	انتشار N_2O kg	0.804
انتشار NO_x NO_x emission	kg	2.5
انتشار CO_2 CO_2 emission	kg	150.87
انتشار CO CO emission	kg	1.72
آفت‌کش‌ها Pesticides	kg	1.7

ارزیابی اثر¹

با توجه به استاندارد ایزو 14040 (ISO 14040., 1998)، ارزیابی اثر "مرحله‌ای از ارزیابی چرخه حیات است که هدف آن سنجش اندازه پتانسیل اثرات محیط زیستی سیستم تولید" می‌باشد. ارزیابی اثر به‌طور کلی شامل دسته‌بندی، ویژگی‌سازی، نرمال کردن و ارزیابی

است (Roy et al, 2009). دسته‌بندی، فرایند اختصاص اولیه داده‌های مرحله صورت‌برداری به گروه‌های اثر است. ویژگی‌سازی شامل ارزیابی مقدار اهمیت و بزرگی هر جریان صورت‌برداری به اثر محیط زیستی متناظر با آن است (مانند اثرات بالقوه دی‌اکسید کربن روی اثر گرمایش جهانی). ویژگی‌سازی به‌طور مستقیم امکان مقایسه نتایج مرحله صورت‌برداری را فراهم می‌کند. انجام نرمال‌سازی باعث

دیزل 14/6 درصد، کود دامی 10/6 درصد و آفت کش ها 6/18 درصد در طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده سهم داشتند. تخلیه منابع غیرزنده مربوط به استفاده از منابع غیرزنده مانند سوخت های فسیلی یا مواد معدنی است که دسترسی نسل های آینده به این منابع را کاهش می دهد.

نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که تولید زیتون در طارم نسبت به مطالعات مشابه تولید زیتون در ایتالیا (Salomone & Ioppolo, 2012 De Gennaro et al., 2012)؛ با شدت بیشتری از منابع غیرزنده استفاده می کند.

در تولید زیتون در باغات منطقه طارم نسبت به باغات زیتون ایتالیا، کودهای شیمیایی و الکتریسیته بیشتری مصرف شده است. در باغات زیتون طارم الکتریسیته در پمپ های آب مصرف می شد، مصرف زیاد آب در این باغات علاوه بر هدر رفتن آب منجر به افزایش مصرف الکتریسیته نیز شده است.

نوتارنیکولا و همکاران (Notarnicola et al., 2004) مصرف آب در سیستم رایج تولید زیتون در ایتالیا را، به مقدار 100 مترمکعب برای هر تن زیتون برآورد کردند. دی جنارو و همکاران (De Gennaro et al., 2012) مقدار مصرف آب برای تولید زیتون در باغات با تراکم بالا را 183 مترمکعب به ازای هر تن زیتون تخمین زدند.

همچنین سالومون و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) در تحقیق خود مقدار مصرف آب برای تولید یک تن زیتون را حدود 350 مترمکعب آب گزارش دادند. متوسط مصرف آب در شرایط طارم حدود 1316 مترمکعب برای تولید هر تن زیتون بود، این مقدار مصرف آب حدود 4 تا 13 برابر مقدار مصرف آب نسبت به تولید زیتون در ایتالیا بود. مصرف بالای آب در تولید زیتون طارم باعث تلفات آب و کاهش حجم آب رودخانه قزل ازون منطقه طارم شده است. در سال های اخیر کاهش بارندگی در منطقه، کاهش حجم آب رودخانه قزل ازون را در پی داشته است. با توجه به خشکی شهرستان طارم (متوسط بارندگی سالانه 257 میلی متر) هدر رفت آب در طارم می تواند افزایش املاح خاک، شوری و کاهش عملکرد و تهدید پایداری تولید زیتون در طارم را به دنبال داشته باشد. از طرفی دیگر کاهش آب رودخانه باعث تشدید اثرات ناشی از پرغذایی، اسیدی شدن و افزایش سمیت برای رودخانه و دریاچه پایین دست آن می شود. بنابراین کاهش مصرف آب در تولید زیتون طارم بسیار ضروری به نظر می رسد.

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که در شرایط طارم به

می شود که تمامی شاخص های طبقات اثر دارای واحدی یکسان شوند و امکان تسهیل مقایسه آن ها فراهم شود.

در مرحله ارزش گذاری، اهمیت نسبی بار محیط زیستی شناسایی شده در مراحل دسته بندی، ویژگی سازی و نرمال سازی از طریق وزن دهی آن ها مشخص و قابل مقایسه می شود (Roy et al., 2009).

برای ارزیابی اثرات در LCA بسته به نوع محصول، روش ها و نرم افزارهای مختلفی وجود دارد. در این مطالعه، از CML 2 characterization 2000 V2.04/ world, 1995/ baseline و نرم افزار سیمپرو 7.2¹ استفاده شد.

روش CML توسط پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه لیدن هلند ارائه شده و یکی از روش هایی است که بیشتر برای استفاده در سطح بین المللی طراحی شده و اختصاص به منطقه خاصی ندارد (Guinée, 2002). این روش شامل ده طبقه اثر است. این ده طبقه اثر شامل تهی سازی منابع غیرزنده²، پتانسیل اسیدی شدن³، پتانسیل پرغذایی⁴، پتانسیل گرمایش جهانی⁵، پتانسیل کاهش لایه اوزون⁶، پتانسیل سمیت برای انسان⁷، پتانسیل سمیت برای آبزیان آب های شیرین⁸، پتانسیل سمیت برای آبزیان آب های دریایی⁹، پتانسیل سمیت برای اکوسیستم های خشکی¹⁰ و پتانسیل تشکیل اکسید فتوشیمیایی¹¹ هستند.

نتایج و بحث

پس از به دست آوردن داده ها و تکمیل مرحله صورت برداری و سپس وارد کردن آن ها در نرم افزار سیمپرو 7.2، نتایج تحقیق به دست آمد که در شکل 1 و جدول 3 قابل مشاهده است.

نتایج پژوهش نشان داد که مقدار طبقه اثر تخلیه منابع غیرزنده برای تولید یک تن زیتون معادل kg Sb89/7 است. تجزیه و تحلیل داده ها نشان داد که کودها 41/06 درصد، الکتریسیته 27/5 درصد

- 1- SimaPro 7.2
- 2- Abiotic depletion
- 3- Acidification
- 4- Eutrophication
- 5- Global warming
- 6- Ozone layer depletion
- 7- Human toxicity
- 8- Fresh water aquatic ecotoxicity
- 9- Marine aquatic ecotoxicity
- 10- Terrestrial ecotoxicity
- 11- Photochemical oxidation

ازای تولید هر تن زیتون، 1290 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر آزاد می‌شود. در این تحقیق در طبقه اثر گرمایش جهانی، تولید کودهای شیمیایی به مقدار 30/49 درصد، انتشار مستقیم از مزرعه 30/2 درصد، الکتریسیته 24/1 درصد، کود حیوانی 10 درصد، تولید آفت کش‌ها 3/02 درصد و تولید سوخت دیزل 2/29 درصد سهم دارند. در شرایط طارم مصرف کودهای شیمیایی و سوخت دیزل منجر به انتشار آمونیاک، نیتروژاکساید و دی اکسیدکربن شده است و این ترکیبات در ایجاد گرمایش جهانی نقش دارند به طور کلی تولید CO_2 مربوط به استفاده از سوخت دیزل و تولید کودهای شیمیایی است و تولید متان عموماً به علت تولید و مصرف کود دامی است (Tilman et al., 2001; Robertson & Vitousek, 2009).

در شرایط تولید زیتون طارم در طبقه اثر پرغذایی (سرشارسازی یا اوتریفیکاسیون)، 8/25 کیلوگرم معادل فسفات به محیط منتشر می‌شود. تلفات مستقیم از باغ زیتون و تولید کود سوپرفسفات تریپل به ترتیب با 67/7 درصد و 27/7 درصد بیشترین نقش را در طبقه اثر پرغذایی داشتند و سایر نهاده‌ها 4/6 درصد اثر داشتند. تلفات از ترکیبات دارای نیتروژن و فسفر که در مزرعه استفاده می‌شوند منشأ اصلی پرغذایی هستند (Mila i Canals et al., 2006). در باغات زیتون شهرستان طارم به دلیل استفاده از روش چال کود و بارندگی کم، آبشویی و رواناب فسفر رخ نمی‌داد، در نتیجه مقدار کل اثر پرغذایی کاهش یافت، بنابراین، انتشارات مستقیم از باغ که بیشترین سهم را در طبقه اثر پرغذایی داشته است عمدتاً به علت تلفات ترکیبات نیتروژنی از اوره و کود دامی بوده است.

سالومون و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) در سناریوی تولید زیتون به روش رایج و دستی تخمین زدند که مقدار 44 کیلوگرم معادل فسفات به ازای هر تن زیتون به محیط منتشر می‌شود. سیستم تولید در این مطالعه مشابه شرایط تولید زیتون در طارم بود. مقدار کودهای شیمیایی مصرفی (163 کیلوگرم بر تن) در باغات طارم کمی بیشتر از مقداری است که در این مقاله (140 کیلوگرم بر تن) ذکر شده است اما با این وجود مقدار طبقه اثر پرغذایی در شرایط طارم حدود پنج برابر کمتر از تولید زیتون در شرایط مسینای ایتالیا است، علت اصلی این اختلاف به خاطر استفاده از روش چال کود در باغات زیتون طارم است. در این روش کود فسفره امکان جابجایی و ورود به آب‌های سطحی را ندارد.

یافته‌های تحقیق حاضر نشان داد که به ازای تولید هر تن زیتون در طارم معادل 30/6 کیلوگرم SO_2 ، به محیط زیست منتشر می‌شود که دارای اثرات اسیدی شدن است. به طوری که انتشار مستقیم از مزرعه 82/7 درصد و تولید کودها 13/7 درصد در اسیدی شدن سهم داشتند. مصرف کودهای شیمیایی و دامی و همچنین سوختن دیزل باعث ورود ترکیبات SO_2 ، NO_x و NH_3 به هوا شده است. این مواد

ازای تولید هر تن زیتون، 1290 کیلوگرم معادل دی اکسید کربن گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر آزاد می‌شود. در این تحقیق در طبقه اثر گرمایش جهانی، تولید کودهای شیمیایی به مقدار 30/49 درصد، انتشار مستقیم از مزرعه 30/2 درصد، الکتریسیته 24/1 درصد، کود حیوانی 10 درصد، تولید آفت کش‌ها 3/02 درصد و تولید سوخت دیزل 2/29 درصد سهم دارند. در شرایط طارم مصرف کودهای شیمیایی و سوخت دیزل منجر به انتشار آمونیاک، نیتروژاکساید و دی اکسیدکربن شده است و این ترکیبات در ایجاد گرمایش جهانی نقش دارند به طور کلی تولید CO_2 مربوط به استفاده از سوخت دیزل و تولید کودهای شیمیایی است و تولید متان عموماً به علت تولید و مصرف کود دامی است (Tilman et al., 2001; Robertson & Vitousek, 2009).

رجایی‌فر و همکاران (Rajaeifar et al, 2014) در تحقیق خود روی مصرف انرژی و تولید گازهای گلخانه‌ای تولید روغن زیتون در استان گیلان نشان دادند کودهای شیمیایی و الکتریسیته بیشترین تأثیر را در ایجاد گرمایش جهانی داشته است. به همین صورت در تولید زیتون در طارم نیز کودهای شیمیایی و الکتریسیته بیشترین نقش را در طبقه اثر گرمایش جهانی داشتند.

ونکات (Venkat, 2012) مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایالات متحده آمریکا را به ازای هر تن بلوبری (Vaccinium corymbosum L.) 829، سیب (Malus domestica L.) 188، انگور شرابی (Vitis venifera L.) 205، توت‌فرنگی (Fragaria ananassa L.) 337، یونجه (Medicago sativa L.) 132، بادام (Prunus delcis L.) 2479، گردو (Juglans cinerea L.) 499، بروکلی (B. oleracea L.) 353 و کاهو (Lactuca sativa L.) 192 کیلوگرم معادل دی‌اکسیدکربن برآورد کرد.

سالومون و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) مقدار اثر گرمایش جهانی در سناریوی رایج و دستی تولید زیتون را $\text{kg CO}_2\text{eq.t}^{-1}$ 470 به دست آوردند. دی جنارو و همکاران (De Gennaro et al., 2012) نیز در مطالعه‌ای که روی تولید زیتون در باغ‌های با تراکم بالا (200 تا 1500 درخت در هکتار) در ایتالیا داشتند، مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای برای هر تن زیتون را $\text{kg CO}_2\text{eq.t}^{-1}$ 542 برآورد کردند.

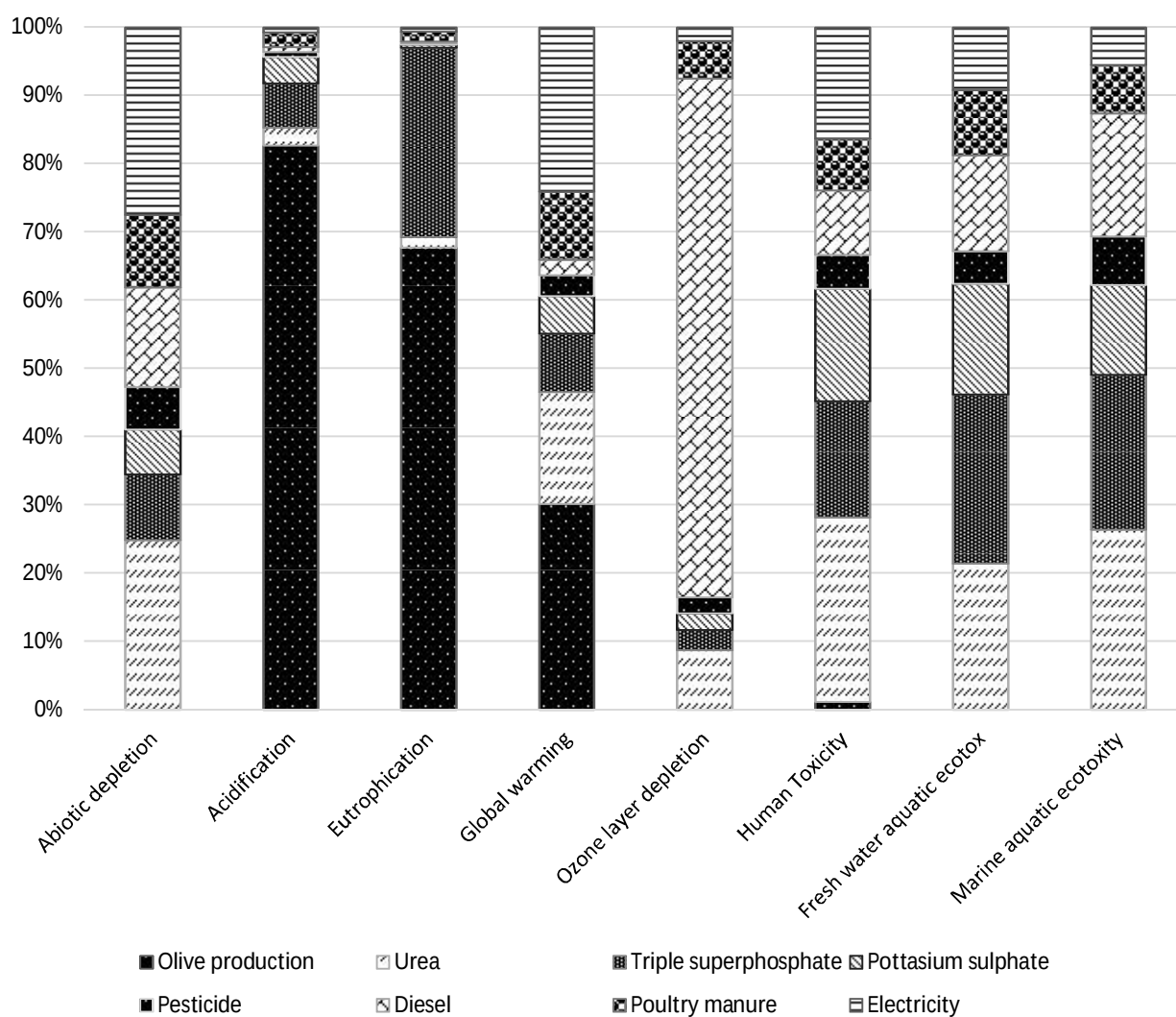
رجایی‌فر و همکاران (Rajaeifar et al., 2014) نیز مقدار پتانسیل گرمایش جهانی را به ازای هر تن میوه زیتون

اکسیده می‌شود.

NOx از احتراق سوخت‌ها در موتور ماشین آلات تولید می‌شود.

آمونیاک از کودهای دامی و شیمیایی منتشر می‌شود (Engstrom et al., 2007; Brentrup et al., 2004).

نیز پس از واکنش با مولکول‌های هوا به صورت باران اسیدی به سطح زمین می‌رسند. استفاده از کودها و انتشار ترکیبات آن‌ها عامل اصلی اسیدی شدن است (Mogensen et al., 2009; Notarnicola et al., 2004). SO2 در وهله اول از احتراق سوخت‌های فسیلی تولید می‌شود. آمونیاک اگرچه قليایی است اما در اتمسفر به اسید نیتریک



شکل 1- نقش تولید و استفاده از نهاده‌ها در ایجاد طبقات اثر محیط زیستی در سیستم تولید زیتون

Fig. 1- Contribution of production and use of inputs to environmental impact categories in olive production system

جدول 3- شاخص‌های چرخه حیات برای تولید یک تن زیتون
Table 3- Life cycle indicators per 1 ton of produced olive

طبقه اثر Impact category	واحد Unit	کل Total
کاهش منابع غیرزنده Abiotic depletion	معادل کیلوگرم آنتیموان kg Sb eq	7.89
اسیدی شدن Acidification	معادل کیلوگرم دی اکسید گوگرد kg SO ₂ eq	30.6
پرغذایی Eutrophication	معادل کیلوگرم فسفات kg PO ₄ eq	8.25
گرمایش جهانی Global warming	معادل کیلوگرم دی اکسید کربن kg CO ₂ eq	1290
کاهش لایه اوزون Ozone layer depletion	معادل کیلوگرم کلروفلوروکربن kg CFC eq	0.000323
سمیت برای انسان Human toxicity	معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq	414
سمیت آبزیان آب شیرین Fresh water aquatic ecotox.	معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq	848
سمیت آبزیان دریایی Marine aquatic ecotox.	معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq	173000
سمیت برای خاکزیان Terrestrial ecotoxicity	معادل دی کلروبنزن kg 1,4-DB eq	10.4
اکسیداسیون فتوشیمیایی Photochemical oxidation	معادل کیلوگرم اتیلن kg C ₂ H ₄ eq	0.27

میلی گرم آلاینده‌های CFC-11 به ازای تولید هر تن زیتون به محیط‌زیست منتشر می‌شود که موجب تخریب لایه اوزون در استراتوسفر می‌شود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که سوخت دیزل، 76 درصد در تولید آلاینده‌های CFC-11 سهم داشته است، تولید کودهای شیمیایی 14/11 درصد و کود دامی، الکتریسیته و آفت‌کش‌ها در مجموع 10 درصد روی زدودن لایه اوزون اثر داشتند.

کلروفلوروکربن‌ها مهم‌ترین موادی هستند که دارای خاصیت تخریب لایه اوزون می‌باشند (Guinee et al., 2001). تخریب لایه اوزون می‌تواند باعث اثراتی مثل سرطان پوست، ورود خسارت‌های مولکولی به مواد، صدمه به گیاهان و حیوانات شود که به علت افزایش عبور اشعه ماوراء بنفش رخ می‌دهد (Bare & Norris, 2003). تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که در تولید زیتون در شرایط طارم، فرآیند تولید سوخت دیزل بیشترین تأثیر و پس از آن تولید کودها بیشترین اثر را در تخریب اوزون داشته‌اند.

دی جنارو و همکاران (De Gennaro et al., 2012) نشان دادند در تولید زیتون در طبقه اثر تخریب لایه اوزون، تولید سوخت‌ها و بعد از آن تولید کودها بیشترین نقش را در میان سایر ورودی‌های باغ داشتند.

خوشنویسان و همکاران (Khoshnevisan et al., 2013) در مطالعه ارزیابی چرخه حیات توت‌فرنگی، پتانسیل اسیدی شدن برای تولید یک تن توت‌فرنگی را معادل 2/65 کیلوگرم SO₂ به دست آوردند. ایریارت و همکاران (Iriarte et al., 2010) در کشور شیلی با استفاده از ارزیابی چرخه حیات، مقدار اسیدی شدن را برای تولید هر تن کلزا (*Brassica napus* L.) و آفتابگردان روغنی (*Helianthus annuus* L.) به ترتیب معادل 19 و 23 کیلوگرم SO₂ تخمین زدند.

دی جنارو و همکاران (De Gennaro et al., 2012) و سالومون و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) مقدار اسیدی شدن در تولید زیتون را به ترتیب معادل 8/2 و 10/5 کیلوگرم SO₂ به ازای هر تن زیتون برآورد کردند.

مقدار بیشتر اسیدی شدن در تولید زیتون طارم نسبت به مطالعات فوق، به علت انتشار بیشتر آمونیاک و اکسیدهای نیتروز است. مصرف بیشتر کودهای نیتروژنه (اوره و دامی) منجر به تصعید بیشتر آمونیاک در باغات زیتون طارم شده است. مصرف کود اوره و سوختن دیزل نیز در انتشار اکسیدهای نیتروز نقش داشتند. مصرف بهینه کودهای نیتروژنه می‌تواند اثرات اسیدی شدن در باغات زیتون را کاهش دهد.

در منطقه طارم به ازای تولید یک تن زیتون، معادل 323

بیشترین تأثیرات روی سمیت برای انسان داشته‌اند. همچنین نتایج ایریارت و همکاران (Iriarte et al, 2010) در تولید کلزا، تولید کودهای شیمیایی بیشترین سهم را در ایجاد سمیت برای انسان دارند.

دی جنارو و همکاران (De Gennaro et al., 2012) و سالومون و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) مقدار سمیت انسانی به ازای تولید هرتن زیتون در ایتالیا را به ترتیب 484 و 215 کیلوگرم 1,4-DB برآورد کردند.

مقدار سمیت برای آبریان آب شیرین به ازای تولید هر تن زیتون در طارم معادل انتشار 848 کیلوگرم 1,4-DB برآورد شد. سمیت اکولوژیک در اکوسیستم‌های آبی عمدتاً مربوط به انتشار فلزات سنگین و انرژی مصرف‌شده در تولید نهاده‌ها است (Hauschild & Wenzel, 1998).

نتایج مطالعات مشابه در تولید زیتون ایتالیا نشان می‌دهد که در تولید زیتون ایتالیا مقدار سمیت برای آبریان آب شیرین بسیار کمتر از سمیت ایجادشده از تولید زیتون در شرایط طارم است (Salomone et al., 2012; De Gennaro et al., 2012). به نظر می‌رسد که علت این اختلاف در انتشار آفت‌کش‌ها به هوا است، به‌طوری‌که در تولید زیتون طارم، 92 درصد (782 کیلوگرم 1,4-DB) اثر سمیت برای آبریان آب شیرین ناشی از انتشارات آفت‌کش‌ها به هوا است. در مصاحبه حضوری با باغداران زیتون مشخص شد که اغلب باغداران شناخت صحیح و کافی از آفات رایج (پسیل و مگس زیتون) و همچنین روش‌های مبارزه با آن‌ها ندارند، لذا در برخی سال‌ها باوجود استفاده از آفت‌کش‌ها، خسارت آفات تا حدود 50 درصد افت عملکرد زیتون در منطقه را در پی داشته است. درنتیجه مصرف نابجای آفت‌کش‌ها علاوه بر هدرروی و تأثیر کم آن‌ها، منجر به افزایش اثرات محیط زیستی مثل سمیت شده است.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم‌افزار سیمپرو نشان داد که در شرایط شهرستان طارم، مقدار سمیت برای اکوسیستم‌های دریایی معادل انتشار 173000 کیلوگرم 1,4-DB برای هر تن زیتون می‌باشد. در تحقیق حاضر کودهای شیمیایی با 62/2 درصد سهم، بیشترین تأثیر را در سمیت برای آبریان دریایی داشتند و پس از کودهای شیمیایی، دیزل 18 درصد، آفت‌کش‌ها 7/13 درصد، کود دامی 7/06 درصد و الکتریسیته 5/55 درصد در این طبقه اثر نقش داشتند.

ایریارت و همکاران (Iriarte et al., 2010) در ارزیابی چرخه

تولید زیتون در ایتالیا باعث آزادسازی معادل 42 میلی‌گرم CFC-11 به ازای هر تن زیتون شده است (Salomone & Ioppolo, 2012). در مطالعه‌ای در شیلی، پتانسیل تخریب لایه اوزون به ازای تولید هر تن کلزا و آفتابگردان به ترتیب معادل 46 و 29 میلی‌گرم CFC-11 برآورد شد (Iriarte et al., 2010). مقدار پتانسیل تخریب لایه اوزون در تولید زیتون طارم بیشتر از مطالعات مذکور است، به نظر می‌رسد این اختلاف در مقدار پتانسیل تخریب لایه اوزون به علت مصرف بیشتر سوخت دیزل در تولید زیتون طارم است.

ماشین‌آلات قدیمی و حمل‌ونقل کودها با استفاده تراکتور منجر به مصرف بیشتر سوخت دیزل در شرایط تولید زیتون در شهرستان طارم شده است. به‌روز کردن ماشین‌آلات کشاورزی می‌تواند در کاهش مصرف سوخت، افزایش بازدهی، افزایش تولید و درنهایت کاهش اثرات محیط زیستی تولید زیتون در طارم نقش به‌سزایی ایفا کند.

اثر سمیت یکی از طبقات اثری که در این پژوهش بررسی شده است. این گروه شامل کلیه مواد سمی تولیدشده در مدیریت گیاهان بوده که برای سلامت انسان و سایر جانداران اکوسیستم مضر هستند. این مواد سمی شامل انواع آلاینده‌های معدنی، انواع سموم و کودهای شیمیایی هستند (Margni et al., 2002) که توسط دو شاخص مسمومیت انسانی و اکوسیستمی (سمیت برای اکوسیستم آب شیرین، سمیت اکوسیستم دریایی و سمیت برای اکوسیستم خشکی) ارزیابی می‌شوند (Guinee, 2001; Guinee et al., 1996).

انتشاراتی که ممکن است دارای سمیت بالقوه باشند و از طریق سیستم کشاورزی منتشر شوند شامل آلاینده‌های غیر آلی هوا (مانند NO_x ، SO_2 ، NH_3) و آفت‌کش‌ها و فلزات سنگین است. انتشارات غیر آلی که به هوا وارد می‌شوند از طریق ایجاد آلودگی هوا دارای اثرات سمی برای انسان هستند (Stanners & Bourdeau, 1995). استفاده از کودهای معدنی فسفره و مواد آلی مانند کمپوست و کود دامی مایع ممکن است منجر به ورود فلزات سنگین به خاک می‌شود (Hauschild, 2000). اثرات مربوط به سمیت براساس معادل 1,4-dichlorobenzene بیان می‌شود.

در مطالعه حاضر در طبقه اثر سمیت برای انسان، معادل 414 کیلوگرم 1,4-DB به ازای تن به محیط‌زیست منتشر می‌شود. در شرایط تولید زیتون در طارم کودهای شیمیایی (58/8 درصد)، الکتریسیته (15/9 درصد) و سوخت دیزل (9/2 درصد) به ترتیب

حیات کلزا و آفتابگردان در شیلی مشخص کرد که در ایجاد اثر سمیت برای آبریان دریایی بیشترین سهم را تولید کودهای شیمیایی دارند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تولید زیتون رایج در شهرستان طارم منجر به انتشار 10/4 کیلوگرم 1,4-DB به ازای تولید یک تن میوه زیتون می‌شود که روی سمیت برای خاکزیان اثر دارد.

نتایج مطالعات سالومون و ایپولو، دی جنارو و همکاران (Salomone & Ioppolo, 2012; De Gennaro et al., 2012) نشان داد که تولید زیتون ایتالیا منجر به اثر سمیت کمتری در مقایسه با تولید زیتون طارم می‌شود. در باغات زیتون طارم به دلیل بادخیز بودن منطقه، اسپری آفت‌کش‌ها منجر به انتشار این مواد به هوا می‌شود در نتیجه تولید زیتون در طارم نسبت به تولید زیتون در ایتالیا منجر به ایجاد سمیت بالاتری می‌شود علاوه تولید زیتون در طارم کودهای شیمیایی بیشتری مصرف می‌کند و در مقایسه با زیتون ایتالیا عملکرد کمتری می‌دهد. بنابراین منجر به ایجاد سمیت بیشتری به ازای تولید هر تن زیتون می‌شود.

در این تحقیق تجزیه و تحلیل تولید زیتون با استفاده از نرم‌افزار سیمپرو مشخص کرد که به ازای تولید هر تن زیتون در شرایط طارم، معادل 0/27 کیلوگرم C_2H_4 به هوا وارد می‌شود. C_2H_4 منجر به ایجاد اکسیداسیون فتوشیمیایی می‌شود. در تولید زیتون طارم، تولید کودهای شیمیایی بیشترین تأثیر (61 درصد) را در پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی داشتند.

میا کانالز و همکاران (Mila I Canals et al., 2006) در مطالعه ارزیابی چرخه حیات سیب در نیوزلند نشان دادند که کودهای نیتروژنه در طبقات اثر تخلیه منابع، اسیدی شدن، سرشارسازی، گرمایش جهانی و اکسیداسیون فتوشیمیایی نقش بالاتری از سایر ورودی‌ها داشتند.

پتانسیل اکسیداسیون فتوشیمیایی به‌طور عمده ناشی از تشکیل اوزون در لایه‌های تحتانی اتمسفر است. مقدار تولید اوزون تحت تأثیر غلظت NO_x ، ترکیبات آلی فرار، منواکسید کربن و متان می‌باشد که شرایط محیطی مثل دما، تشعشع و جریانات همرفتی بر آن اثر می‌گذارد (Bare & Norris, 2003).

ایریارت و همکاران (Iriarte et al., 2010) مقدار اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی برای تولید هر تن کلزا و آفتابگردان معادل 1/1 و 24 کیلوگرم C_2H_4 برآورد کردند.

دی جنارو و همکاران (De Gennaro et al., 2012) و سالمون

و ایپولو (Salomone & Ioppolo, 2012) نشان دادند که به ازای تولید یک تن زیتون، به ترتیب معادل 0/7 و 0/15 کیلوگرم C_2H_4 به محیط منتشر شده است. اثر اکسیداسیون فتوشیمیایی در تولید زیتون طارم بیشتر از تولید زیتون ایتالیا است چون در تولید زیتون طارم مقدار بیشتری کود شیمیایی استفاده می‌شود. تولید زیتون نسبت به محصولات روغنی مثل کلزا و آفتابگردان، به دلیل مصرف کمتر کودهای شیمیایی روی اکسیداسیون فتوشیمیایی تأثیر کمتری دارد. تولید کودهای شیمیایی بیشترین تأثیر را در ایجاد اکسیداسیون شیمیایی دارد (Belengini & Busto, 2009; Khoshnevisan et al., 2013).

نمودارهای حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد در باغات زیتون در همه طبقات اثر مورد مطالعه، مصرف کود دامی تبعات منفی کمتری نسبت به کودهای شیمیایی دارد.

به نظر می‌رسد جایگزینی کودهای شیمیایی توسط کود دامی و سایر کودهای زیستی به کاهش اثرات محیط زیستی در اکثر طبقات اثر مورد مطالعه منجر می‌شود. تولید زیتون در طارم نسبت به تولید زیتون رایج در ایتالیا حدود 660 کیلوگرم عملکرد کمتری دارد، عملکرد کمتر منجر به افزایش اثرات محیط زیستی به ازای واحد وزن محصول می‌شود (Notarnicola et al., 2005; Salomone & Ioppolo, 2012; De Gennaro et al., 2012).

باغداران زیتون شهرستان طارم در مورد کودهای ریزمغذی و کاربرد آن‌ها اطلاعی نداشته و به همین خاطر در باغات زیتون طارم از کودهای ریزمغذی استفاده نمی‌شد. عدم استفاده از کودهای ریزمغذی در تولید زیتون طارم یکی از دلایل کاهش متوسط عملکرد زیتون طارم است. از دیگر دلایل عملکرد کمتر زیتون در طارم، استفاده کمتر کشاورزان منطقه از ارقام اصلاح شده است. در تعداد اندکی از باغات زیتون شهرستان طارم که ارقام اصلاح شده و مدیریت مناسب داشتند متوسط عملکرد حدود سه برابر با متوسط عملکرد منطقه اختلاف داشت. مدیریت این باغات تحت کنترل مهندسين کشاورزی باتجربه و خبره بود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تولید زیتون در شرایط شهرستان طارم اثرات محیط زیستی قابل توجهی دارد. به‌طوری‌که تولید کودهای شیمیایی و انتشارات مستقیم از باغ زیتون بیشترین نقش را در تولید

آلاینده‌ها دارند.

تولید زیتون در شهرستان طارم در مقایسه با تولید زیتون در ایتالیا سالومون و همکاران، دی جنارو و همکاران، نوتارنیکولا و همکاران (Salomone & Ioppolo, 2012; De Gennaro et al., 2012;) (Notarnicola et al., 2005) در هفت طبقه اثر (تخلیه منابع غیر زنده، اسیدی شدن، پتانسیل گرمایش جهانی، تخریب لایه اوزون، سمیت برای آبزیان آب شیرین، سمیت برای آبزیان دریایی و سمیت برای خاکزیان) حداقل بیش از دو برابر اثر محیط زیستی بیشتری داشته است و فقط در طبقه اثر پرغذایی بار محیط زیستی کمتری دارد. علت اصلی این اختلاف در مصرف بیشتر نهاده‌ها (کودهای شیمیایی، الکتروسیته)، عدم استفاده از ارقام اصلاح شده جدید، عدم مصرف کودهای ریزمغذی و کارایی کمتر نهاده‌ها است. این عوامل به نوبه خود از سوء مدیریت باغ‌های زیتون در طارم

ناشی می‌شود. سواد پایین باغداران زیتون و عدم آگاهی آنان از روش‌های مدیریتی مناسب در تولید زیتون طارم عامل اصلی افزایش اثرات محیط زیستی تولید زیتون در طارم است.

در این رابطه، افزایش سواد کشاورزی و محیط زیستی باغداران بسیار مهم به نظر می‌رسد. کاهش مصرف آب به اندازه نیاز گیاه، قطره‌ای کردن و شست‌وشوی سالانه باغات به منظور جلوگیری افزایش املاح خاک در آبیاری قطره‌ای نقش مهمی در پایداری تولید زیتون در منطقه دارد.

همچنین استفاده بهینه و مناسب از کودها، تعمیر ماشین‌آلات قدیمی یا استفاده از ماشین‌آلات جدید برای افزایش راندمان مصرف نهاده‌ها استفاده از ارقام اصلاح شده جدید می‌تواند منجر به افزایش تولید و کاهش اثرات محیط زیستی تولید زیتون در منطقه طارم شود.

منابع

- Abeliotis, K., Detsis, V., and Pappia, C. 2013. Life cycle assessment of bean production in the Prespa National Park, Greece. *Journal of Cleaner Production* 41: 89-96.
- Agricultural ministry of Iran. 2012. Information and statistics department of agricultural ministry of Iran. <http://www.maj.ir>.
- Bare, J.C., Norris, G.A., Pennington, D.W., and McKone, T. 2003. TRACI: The tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology* 6: 49-78.
- Behrooz, R.D., Sari, A.E., Bahramifar, N., and Ghasempouri, S. 2009. Organochlorine pesticide and polychlorinated biphenyl residues in human milk from the Southern Coast of Caspian Sea, Iran. *Chemosphere* 74(7): 931-937.
- Bigdeli, M., and Seilsepour, M. 2008. Investigation of metals accumulation in some vegetables irrigated with waste water in Shahre Rey-Iran and toxicological implications. *Journal of Agricultural and Environmental Sciences* (41): 86-92.
- Birkved, M., and Hauschild, M.Z. 2006. PestLCI— a model for estimating field emissions of pesticides in agricultural LCA. *Ecological Modelling* 198(3): 433-451.
- Blengini, G.A., and Busto, M. 2009. The life cycle of rice: LCA of alternative agri-food chain management systems in Vercelli (Italy). *Journal of Environmental Management* 90(3): 1512-1522.
- Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2001. Application of the life cycle assessment methodology to agricultural production: an example of sugar beet production with different forms of nitrogen fertilisers. *European Journal of Agronomy* 14(3): 221-233.
- Brentrup, F., Küsters, J., Kuhlmann, H., and Lammel, J. 2004. Environmental impact assessment of agricultural production systems using the life cycle assessment methodology: I. Theoretical concept of a LCA method tailored to crop production. *European Journal of Agronomy* 20(3): 247-264.

- Brenttrup, F., Küsters, J., Lammel, J., and Kuhlmann, H. 2000. Methods to estimate on-field nitrogen emissions from crop production as an input to LCA studies in the agricultural sector. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 5(6): 349-357.
- Cederberg, C., and Mattsson, B. 2000. Life cycle assessment of milk production—a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production* 8(1): 49-60.
- Chehebe, J.R. 1997. Análise do ciclo de vida de produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000: Qualitymark Editora Ltda. Universidade Federal de São Carlos, Brazil.
- De Gennaro, B., Notarnicola, B., Roselli, L., and Tassielli, G. 2012. Innovative olive-growing models: an environmental and economic assessment. *Journal of Cleaner Production* 28: 70-80.
- E Van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W.G., Majewski, M.S.I., Yates, S.R., and Reeves, G.L. 1999. Emission of pesticides into water, air, and soil. *Pollution* 115: 195–218.
- Engström, R., Wadeskog, A., and Finnveden, G. 2007. Environmental assessment of Swedish agriculture. *Ecological Economics* 60(3): 550-563.
- EPA. 1995. Environmental Protection Agency. Compilation of air pollutant emissions factors. AP-42, www.epa.gov.
- Fadaei, A., Dehghani, M.H., Nasser, S., Mahvi, A.H., Rastkari, N., and Shayeghi, M. 2012. Organophosphorous pesticides in surface water of Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 88(6): 867-869.
- Food and Agricultural Organization (FAO). 2012. <http://www.fao.org>.
- Guinée, J. 2001. Handbook on life cycle assessment- Operational guide to the ISO standards. *International Journal of Life Cycle Assessment* 6: 255.
- Guinee, J., Heijungs, R., Van Oers, L., Van De Meent, D., Vermeire, T., and Rikken, M. 1996. LCA impact assessment of toxic releases. *Product Policy Report* p. 21.
- Gunady, M.G., Biswas, W., Solah, V.A., and James, A.P. 2012. Evaluating the global warming potential of the fresh produce supply chain for strawberries, romaine/cos lettuces (*Lactuca sativa*), and button mushrooms (*Agaricus bisporus*) in Western Australia using life cycle assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production* 28: 81-87.
- Hani, A., and Pazira, E. 2011. Heavy metals assessment and identification of their sources in agricultural soils of Southern Tehran, Iran. *Environmental Monitoring and Assessment* 176(1-4): 677-691.
- Hauschild, M. 2000. Estimating pesticide emissions for LCA of agricultural products. *Agricultural Data for Life Cycle Assessments* p. 70.
- Hauschild, M., and Wenzel, H. 1998. Environmental Assessment of Products, Scientific IPCC. 1996. IPCC Greenhouse Gas Inventory Reference Revised Manual. In: Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Grigg, D.J.S., Callander, B.A. (Eds.), Intergovernmental Panel on Climate Change. IGES, Japan,
- Horne, R., Grant, T., and Verghese, K. 2009. Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects: Csiro Publishing. Collingwood, Australia. 192 pp.
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K.,

Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.

Iriarte, A., Rieradevall, J., and Gabarrell, X. 2010. Life cycle assessment of sunflower and rapeseed as energy crops under Chilean conditions. *Journal of Cleaner Production* 18(4): 336-345.

Isermann, K. 1990: Ammoniakemissionen der Landwirtschaft als Bestandteil ihrer Stickstoffbilanz und hinreichende Lösungsansätze zur Minderung. Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Braunschweig, Germany.

ISO, I. 2006. 14040 International Standard. Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines. International Organisation for Standardization, Geneva, Switzerland.

Jalali, M. 2011. Nitrate pollution of groundwater in Toyserkan, western Iran. *Environmental Earth Sciences* 62(5): 907-913.

Kafilzadeh, F., Shiva, A.H., Malekpour, R., and Azad, H.N. 2012. Determination of organochlorine pesticide residues in water, sediments and fish from lake Parishan, Iran. *World Journal of Fish and Marine Sciences* 4: 150-154.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., and Mousazadeh, H. 2013. Environmental impact assessment of open field and greenhouse strawberry production. *European Journal of Agronomy* 50: 29-37.

Khoshnevisan, B., Rafiee, S., Omid, M., Mousazadeh, H., and Clark, S. 2014. Environmental impact assessment of tomato and cucumber cultivation in greenhouses using life cycle assessment and adaptive neuro-fuzzy inference system. *Journal of Cleaner Production* 73: 183-192.

Liu, Y., Langer, V., Høgh-Jensen, H., and Egelyng, H. 2010. Life cycle assessment of fossil energy use and greenhouse gas emissions in Chinese pear production. *Journal of Cleaner Production* 18(14): 1423-1430 .

Mahvi, A., Nouri, J., Babaei, A., and Nabizadeh, R. 2005. Agricultural activities impact on groundwater nitrate pollution. *International Journal of Environmental Science and Technology* 2(1): 41-47.

Milà i Canals, L., Burnip, G., and Cowell, S. 2006. Evaluation of the environmental impacts of apple production using life cycle assessment (LCA): case study in New Zealand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114(2): 226-238.

Margni, M., Rossier, D., Crettaz, P., and Jolliet, O. 2002. Life cycle impact assessment of pesticides on human health and ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93(1): 379-392.

Mogensen, L., Hermansen, J.E., Halberg, N., Dalgaard, R., Vis, J., and Smith, B.G. 2009. Life cycle assessment across the food supply chain. *Sustainability in the Food Industry* p. 115-144.

Nemecek, T., Dubois, D., Huguenin-Elie, O., and Gaillard, G. 2011. Life cycle assessment of Swiss farming systems: I. Integrated and organic farming. *Agricultural Systems* 104(3): 217-232.

Notarnicola, B., Tassielli, G., and Nicoletti, G.M. 2004. Environmental and economic analysis of the organic and conventional extra-virgin olive oil. *New Medit* 3(2): 28-34.

Payraudeau, S., and Van Der Werf, H.M.G. 2005. Environmental impact assessment for a farming region: A review of methods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 107: 1-19.

Pelletier, N., Arsenault, N., and Tyedmers, P. 2008. Scenario modeling potential eco-efficiency gains from a transition to organic agriculture: Life cycle perspectives on Canadian canola, corn, soy, and wheat production. *Environmental Management* 42(6): 989-1001.

- Rajaeifar, M.A., Akram, A., Ghobadian, B., Rafiee, S., and Heidari, M.D. 2014. Energy-economic life cycle assessment (LCA) and greenhouse gas emissions analysis of olive oil production in Iran. *Energy* 66: 139-149.
- Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., and Pennington, D. 2004. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International* 30(5): 701-720.
- Robertson, G.P., and Vitousek, P.M. 2009. Nitrogen in agriculture: Balancing the cost of an essential resource. *Annual Review of Environment and Resources* 34: 97-125.
- Roy, P., Nei, D., Orikasa, T., Xu, Q., Okadome, H., Nakamura, N., and Shiina, T. 2009. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of Food Engineering* 90(1): 1-10.
- Sahle, A., and Potting, J. 2013. Environmental life cycle assessment of Ethiopian rose cultivation. *Science of the Total Environment* 443: 163-172.
- Salomone, R., and Ioppolo, G. 2012. Environmental impacts of olive oil production: a Life Cycle Assessment case study in the province of Messina (Sicily). *Journal of Cleaner Production* 28: 88-100.
- Standardization, I.O.F. 1997. *Environmental Management: Life Cycle Assessment: Principles and Framework* (Vol. 14040): ISO. Geneva, Switzerland.
- Stanners, D., and Bourdeau, P. 1995. Europe's Environment: the Dobris Assessment. In: *Europe's Environment: The Dobris Assessment*. Office for Official Publication of the European Communities. Europe's environment published by EEA. Copenhagen, Denmark.
- Talebi, K. 1998. Diazinon Residues in the Basins of Anzali Lagoon, Iran *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Springer-Verlag New York Inc. Volume 61, Issue 4 p. 477-483.
- Thomassen, M., Van Calster, K., Smits, M., Iepema, G., and De Boer, I. 2008. Life cycle assessment of conventional and organic milk production in the Netherlands. *Agricultural Systems* 96(1): 95-107.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W.H., Simberloff, D., and Swackhamer, D. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292: 281-284.
- Van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W.G., Majewski, M.S.I., Yates, S.R., and Reeves, G.L. 1999. Emission of pesticides into water, air, and soil. *Pollution* 115: 195-218.
- Venkat, K. 2012. Comparison of twelve organic and conventional farming systems: a life cycle greenhouse gas emissions perspective. *Journal of Sustainable Agriculture* 36(6): 620-649.



Environmental Impact Assessment of Olive (*Olea europaea* L.) Production using Life Cycle Assessment: A Case Study, Tarom County, Zanzan Province

E. Khodarezaie¹, H. Veisi^{2*}, O. Noori³, M. Taheri⁴ and K. Khosbakht⁵

Submitted: 28-04-2015

Accepted: 23-08-2015

Khodarezaie, E., Veisi, H., Noori, O., Taheri, M., and Khosbakht, K. 2017. Environmental impact assessment of olive (*Olea europaea* L.) production using Life Cycle Assessment: A case study, Tarom County, Zanzan province. Journal of Agroecology 9(2): 458-474.

Introduction

Horticulture industry consumes a significant part of the energy and materials and release pollutants into the environment. Olive (*Olea europaea* L.) is one of the most cultivated plants in Iran, so the environmental impact assessment of these production systems is important. However, the consequences and environmental impacts of olive production systems have not been studied in Iran. Tarom county is one of the most important olive production centers in Iran. So, this study is performed to evaluate environmental impacts of olive production in Tarom region.

Material and Methods

In this study, the LCA approach is used to assessment of environmental impacts of olive production. This study was conducted in Tarom county in 2012-2013. The aim of this study was to determine hot spots of olive life cycle and offering appropriate solutions to reduce the related environmental impact in Tarom region. In this research, one ton of Olives was considered as functional unit. System boundary is defined as "from cradle to farm gate". Primary data were collected through observation, sampling, and questionnaires completing method. The climate and soil data were collected from the "Olive Research Center" located in the Tarom county. Data for the production of used inputs (Secondary data) were taken from the EcoInvent®2.0 database, and SimaPro software was employed to analyze primary data. Impact categories were analyzed based on CML 2 baseline 2000 V2.04/ world, 1995/ characterization and SimaPro 7.2 software. CML 2 baseline 2000.

Results and Discussion

The obtained data from inventory were used for LCA calculation. These data includes Inputs and outputs of olive production system in Tarom olive systems. The results were concluded through analyzing collected data by using of SimaPro 7.2. The results showed that the production of olive in Tarom region is lead to high environmental impacts. In this regard, production systems of olive in Tarom county create more than two times higher environmental impact in seven impact categories (Abiotic resource depletion, acidification, global warming potential, ozone layer depletion, to freshwater aquatic ecotoxicity, marine aquatic ecotoxicity and toxicity to terrestrial ecotoxicity) and it has fewer environmental impact in eutrophication impact category compared to olive production systems in similar studies. Moreover, data analysis showed that fertilizer production and direct emission have most shares in pollution making of olive production systems. The main reason for this difference was more use of inputs (especially fertilizers and electricity), not using of improved varieties and micronutrient fertilizers, inefficient use of inputs and lack of management in the olive gardens in Tarom region. Therefore, lack of management was due to the low literacy level of olive growers and their knowledge of the appropriate management in the olive garden in Tarom region.

1, 2, 3, 4 and 5- MSc student of Agroecology, Associate Professor, Assistant Professor, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Assistant Professor, Agriculture and Natural Resources Research and Training Center of Zanzan and Associate Professor Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.46350

Conclusion

The results showed that the LCA approach can use to assessment of environmental impacts of olive production in Tarom county. Also, data analysis showed that fertilizer production and direct emission have most shares in pollution making of olive production systems.

Keywords: Agriculture, Emissions, SimaPro



پیش‌بینی تغییرات تقویم زراعی جو دیم (*Hordeum vulgare* L.) در سال‌های 2011-2030 استان لرستان با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس‌کننده LARS-WG و گردش عمومی HadCM₃

محمود احمدی¹، مصطفی فلاحي خوشجی^{2*} و امید مفاخری³

تاریخ دریافت: 1394/05/08

تاریخ پذیرش: 1394/10/19

احمدی، م.، فلاحي خوشجی، م.، و مفاخری، ا. 1396. پیش‌بینی تغییرات تقویم زراعی جو دیم (*Hordeum vulgare* L.) در سال‌های 2011-2030 استان لرستان با استفاده از مدل‌های ریزمقیاس‌کننده LARS-WG و گردش عمومی HadCM₃. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 475-489.

چکیده

تغییر اقلیم یکی از دغدغه‌های محققان طی دهه‌های اخیر می‌باشد که توجه زیادی را به خود معطوف نموده است. نتایج به‌دست‌آمده به نقش انسان در این سیستم بیشتر جلب‌توجه می‌نماید. یکی از حوضه‌های به‌شدت تأثیرپذیر بخش کشاورزی و امنیت غذایی است. به دلیل افزایش نیاز به تولیدات کشاورزی مطالعه اثرات تغییر اقلیم بسیار ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی تقویم زراعی کشت جو دیم (*Hordeum vulgare* L.) در استان لرستان به‌عنوان یک منطقه و قطب مؤثر در کشت غلات می‌باشد. جهت پیش‌بینی تغییر اقلیم بر مبنای مدل‌های گردش عمومی (GCM) از مدل LARS-WG جهت ریزمقیاس‌نمایی استفاده شد. داده‌های روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش در دوره آماری 30 سال (1980-2010) برای شش ایستگاه به‌عنوان داده‌های مبنای استفاده شد و با استفاده از مدل LARS-WG و گردش عمومی HadCM₃ سناریوی A₂ تا افق 2030 میلادی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تاریخ کشت در تمام ایستگاه‌ها زودتر اتفاق خواهد افتاد و طول دوره رشد در تمام ایستگاه‌ها کاهش می‌یابد، بیشترین کاهش طول دوره رشد در ایستگاه الیگودرز با 62 روز می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده راهکارهای از قبیل تغییر تاریخ کشت، تغییر تقویم آبیاری، جهت سازگاری و افزایش کشت جو دیم در منطقه که می‌تواند کمک بزرگی به کشاورزان داشته باشد ارائه گردید.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، سازگاری، کشاورزی، مدل‌سازی

مقدمه

تغییر جهانی اقلیم یکی از مواردی است که در دهه‌های اخیر توجه محققان را به خود معطوف کرده است. بسیاری از مطالعات اخیر حاکی از تأثیر شگرف انسان بر اقلیم جهانی است. نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده این پدیده را تأیید می‌کند (Alijani et al., 2009; Koocheki & Jones et al., 2003). به‌طور یقین، بخش کشاورزی بیشترین ارتباط و تأثیرپذیری را از شرایط محیط اطراف و به‌خصوص اقلیم دارد، به‌گونه‌ای که ویژگی‌های اقلیمی (پتانسیل و محدودیت‌های اقلیمی) در بلندمدت، منجر به تعیین الگوی کشت و توجیه پراکنش

تغییر جهانی اقلیم یکی از مواردی است که در دهه‌های اخیر توجه محققان را به خود معطوف کرده است. بسیاری از مطالعات اخیر حاکی از تأثیر شگرف انسان بر اقلیم جهانی است. نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام شده این پدیده را تأیید می‌کند (Alijani et al., 2009; Koocheki &

1، 2 و 3- به ترتیب دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشگر جهاد دانشگاهی واحد لرستان (دانشجوی دکتری تغییرات آب و هوایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی) و دانشجوی دکتری آب و هواشناسی سینوپتیک، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی
(*) نویسنده مسئول: Email: Fallahimostafa@yahoo.com
DOI: 10.22067/jag.v9i2.46511

گونه‌های گیاهی مختلف شده است. متأسفانه بخش کشاورزی به دلیل قدرت سازگاری کم، بیشترین تأثیر را از تغییرات اقلیمی متحمل خواهد شد. پیش‌بینی می‌شود در اثر تغییرات اقلیمی و گرم شدن هوا، مناطق جنگلی به سمت شمال سوق پیدا کنند، بنابراین جغرافیای کشاورزی در این مناطق، تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گیرد (Koocheki et al., 1998). بر اساس بررسی‌های هیئت بین‌الدول مهم‌ترین عواقب تغییر اقلیم عبارت‌اند از: تشدید بحران‌های اقلیمی، گرم شدن عرض‌های جغرافیایی بالا، کاهش قابلیت دسترسی به آب و پیشرفت باران‌های موسمی به سمت قطب (Agricultural Research Institute of Planning & Economy, 2006). بسیاری از محققین تفسیرهای متفاوتی از پیامدهای تغییر دما بر روی مراحل مختلف فنولوژی بیان نموده‌اند (Carroll et al., 2009; Orlandi et al., 2005). به همین دلیل، محققان از محاسبات مختلف برای تعیین پیامدهای تغییر دما بر گیاهان استفاده می‌کنند (Wielgolaski, 1999; Crepinsek, 2006). توجه به اهمیت وضعیت آب و هوا و اقلیم بر بخش کشاورزی و دستیابی به پیش‌بینی‌های بلندمدت در این بخش ضروری می‌باشد. پیدایش مدل‌های اقلیم جهانی (GCM¹) و منطقه‌ای (RCM) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند تأثیر آب‌وهوا را در مقیاس‌های زمانی بلندمدت بر محصولات مختلف کشاورزی بررسی نمایند. برخی تغییرات در دوره رشد گیاهی در پاسخ به تغییر شرایط اقلیمی، در مقیاس محلی و منطقه‌ای قابل مشاهده است. فنگمی و همکاران (Fengmei et al., 2009) با استفاده از سناریوی B₂ و مدل‌های اقلیم منطقه (RCM²) پیامدهای تغییر اقلیم بر روی برنج (*Oryza sativa* L.) در طی سال‌های 2070-2090 میلادی را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند که با در نظر گرفتن اثر مستقیم دی‌اکسید کربن عملکرد برنج در همه ایستگاه افزایش می‌یابد، اما در نظر گرفتن اثر غیرمستقیم دی‌اکسید کربن عملکرد برنج کاهش پیدا می‌کند. لورا و همکاران (Laura et al., 2010) از مدل‌های تغییر اقلیم برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی تغییر زمان گلدهی درختان در لیتوانی استفاده کردند. در این تحقیق از اطلاعات فنولوژی 30 ساله، دمای هوا و خروجی دو مدل ECHAM5- HadCM₃ استفاده شد و سه سناریوی A₁B، A₂، B₁ مدنظر قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای هوا

تأثیر معنی‌داری بر روی آغاز گلدهی مخصوصاً درختان زود گل، دارد. دینگ و همکاران (Ding et al., 2006) به آشکارسازی تغییر اقلیم چین پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که فراوانی و اندازه‌ای رخدادهای اقلیمی در پنج سال گذشته روند معنی‌داری داشته است. در این تحقیق از 40 مدل اقلیم برای آشکارسازی تغییر اقلیم استفاده شده است. اسمیت و همکاران (Smith et al., 2010) برای ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی نیاز آبی محصولات کشاورزی در جنوب ایتالیا از 15 مدل اقلیم جهانی و سه سناریوی گرمایش جهانی بهره بردند. در ایران اکثر تحقیقات تغییر اقلیم بر اساس آشکارسازی تغییرات دو متغیر اصلی دما و بارش در دوره‌های تاریخی گذشته تمرکز داشته است. همچنین در محدوده مطالعاتی که با استفاده از داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی صورت گرفته است، کمتر به جنبه‌های کاربردی میزان تغییرات پیش‌بینی‌شده بر بخش‌های کشاورزی پرداخته شده است. مؤمنی (Momeni, 2003) نقش تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن بر ناپایداری اکولوژیکی را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت تغییر اقلیم بر ناپایداری اکولوژیکی مؤثر بوده و نظام طبیعی آن را دگرگون ساخته است. اثر تغییر اقلیم بر عملکرد نخود دیم (Cicer *arietinum* L.) در شمال غرب کشور باعث افزایش 17 درصدی عملکرد نخود دیم در آینده خواهد شد (Barzegar et al., 2007). نتایج پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر آینده اقلیم استان خراسان توسط دو مدل NASA-GISS و NASA-GFDL نشان داد تغییرات ممکن است اثرات قابل توجهی بر اکوسیستم‌های زراعی داشته باشد (Jafari et al., 2007). بر اثر تغییر اقلیم میانگین بارش سالانه، مجموع بارش سالانه در طول دوره رشد گیاه و متوسط دمای روزانه در منطقه رودست اصفهان در دو سناریو B₁ و A₂ افزایش خواهند یافت. در هر دو سناریو به‌ویژه سناریوی B₁ احتمال (ریسک) کاهش محصول نسبت به مقدار میانگین دور مبنا افزایش می‌یابد (Ababaei et al., 2010). پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از مدل LARS-WG نشان داد که این مدل پیش‌بینی مناسبی برای پارامترهای اقلیمی و شبیه‌سازی فصل رشد احتمالی در شرایط تغییر اقلیم آینده دارد و همچنین طول دوره کاشت تا گلدهی و همچنین طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک ذرت تحت تأثیر تغییر اقلیم در اکثر سناریوهای مورد استفاده کاهش را نشان می‌دهد. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد که عملکرد ذرت تحت تأثیر تغییر اقلیم از 11 تا 38 درصد نسبت به شرایط کنونی کاهش می‌یابد (Moradi et al.,

1- General circulation models

2- Regional circulation model

است. لرستان با سهم 7/8 درصدی از سطح برداشت جو در کشور دارای رتبه چهارم و از لحاظ میزان تولید با سهم 6/3 درصدی نیز در رتبه چهارم قرار دارد. جو دیم بیشترین سطح کشت‌شده نسبت به سایر محصولات در استان را دارد (Agricultural Statistics, the Ministry of Agriculture, 2013). بنابراین، با توجه به اینکه وسعت زیادی از اراضی استان لرستان به کشت دیم جو اختصاص دارد و کشت این محصول نقش مهمی در اقتصاد این منطقه دارد و نیز با توجه به اهمیت اثر تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی و نقش آن در اقتصاد کشور اهمیت موضوع نمایان می‌باشد. هدف این مطالعه موردی محاسبه تقویم زراعی در دوره پایه و یک تقویم در دوره پیش-بینی بود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه استان لرستان با مساحت 73013 کیلومترمربع در غرب ایران بین 31 درجه و 58 دقیقه تا 36 درجه و 30 دقیقه عرض شمالی و 45 درجه و 24 دقیقه تا 48 درجه و 24 دقیقه طول شرقی قرار گرفته است. از ایستگاه‌های سینوپتیک خرم‌آباد، الشتر، پل دختر، کوهدشت، الیگودرز و بروجرد استفاده گردید. جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف از متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های جفت شده اتمسفری-اقیانوسی گردش عمومی جو (GCM) استفاده شد. برای ریزمقیاس کردن داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM₃، از مدل ریزمقیاس‌کننده LARS-WG که یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضعیت آب‌وهوا می‌باشد، استفاده شد. مدل گردش عمومی HadCM₃ یک مدل GCM جفت شده جوی اقیانوسی است که در مرکز تحقیقاتی HCCPR₅ در انگلیس اجرا شده و این مدل دارای شبکه‌ای با ابعاد 2/5 درجه عرض جغرافیایی و 3/75 درجه طول جغرافیایی است. سناریوی تغییر اقلیم A₂ در مطالعه فعلی استفاده شد. در سناریوی A₂ جمعیت دنیا به‌طور پیوسته افزایش می‌یابد، توسعه اقتصادی منطقه محور و افزایش دما (2 تا 5/4 درجه) می‌باشد. برای اجرای مدل LARS-WG از داده‌های روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش در دوره آماری 30 سال (1980-2010) استفاده شد که این دوره به‌عنوان دوره پایه برای شبیه‌سازی اقلیم آینده مورد استفاده قرار گرفت. مدل LARS-WG در سه مرحله اجرا می‌شود که شامل کالیبره کردن، ارزیابی داده‌ها و تولید داده برای آینده است.

مندنی و همکاران (Mandani et al., 2012) نشان دادند که در شرایط تغییر اقلیم به علت تسریع مراحل نموی، طول دوره رشد گندم (*Triticum aestivum* L.) از 248 به 212 روز کاهش می‌یابد و در شرایط تغییر اقلیم در مقایسه با شرایط اقلیم فعلی افزایش متوسط درجه حرارت منجر به کاهش میانگین عملکرد دانه گندم در تراکم‌های مختلف آفت سن تا حدود 42 درصد و افزایش غلظت دی‌اکسید کربن منجر به افزایش آن تا حدود 91 درصد می‌شود. همچنین برهمکنش افزایش غلظت دی‌اکسید کربن و درجه حرارت نیز باعث کاهش میانگین عملکرد دانه تا حدود 10 درصد نسبت به شرایط اقلیم فعلی می‌شود. بنابراین در شرایط تغییر اقلیم آینده در مقایسه با شرایط اقلیم فعلی، میانگین میزان خسارت سن گندم در تراکم‌های مختلف بر عملکرد دانه گندم حدود دو درصد افزایش می‌یابد. زرکانی و همکاران (Zarakani et al., 2014) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر اقتصاد گندم دیم در خراسان شمالی نشان دادند که تغییر اقلیم باعث افزایش عملکرد محصول می‌گردد. هاشمی نصب و همکاران (Hashemi nasab et al., 2014) به پیش‌بینی تغییرات بارش 20 سال آینده استان کرمان با استفاده از مدل ریزمقیاس‌کننده لارس (LARS-WG) و مدل گردش عمومی HadCM₃¹ پرداختند. نتایج نشان‌دهنده افزایش میانگین سالانه بارش در همه ایستگاه‌ها می‌باشد و در مجموع میانگین بارش رو به افزایش است. رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2015) نشان دادند که در آینده درجه حرارت‌های کمینه و بیشینه در تمامی ماه‌های سال افزایش می‌یابند و متوسط بارش سالیانه نیز حدود 5/3 درصد بیشتر خواهد بود. باوجود بیشتر شدن تبخیر و تعرق گیاه مرجع به دلیل کاشت زودتر گندم و جو (*Hordeum vulgare* L.) و کوتاه شدن طول دوره رشد آن‌ها نیاز آبی محصولات در آینده بین 5/19 درصد (گندم) تا 5/22 درصد (جو) کمتر خواهد شد. از سوی دیگر، عملکرد گندم نیز به علت کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد محصول تحت تأثیر تغییر اقلیم حدود 30 درصد کاهش خواهد یافت.

در سال زراعی 92-1391 سطح برداشت جو در کشور حدود 1/64 میلیون هکتار برآورد شده که حدود 13/4 درصد از کل سطح محصولات زراعی و 1/4 درصد از کل سطح غلات کشور می‌باشد که سهم اراضی آبی 43/7 درصد و سهم اراضی دیم 56/3 درصد بوده

1- Hadley coupled atmosphere-Ocean general circulation model

جدول 1- نمایه درجه روز مورد نیاز جو

Table 1- Profile of GDD required barley

مرحله رشدی Growth phase	نیاز حرارتی (درجه سانتی گراد) GDD ($^{\circ}\text{C}$)
از کاشت تا تولید جوانه زدن From Implant to Proliferation	190-200
از جوانه زدن تا پنجه زدن From Proliferation to paw	370-375
از تولید پنجه زدن تا گل دادن From paw to Flower	530-535
از گل دادن تا تولید دانه حدود From Flower to Shelling	830-835

برای محاسبه مراحل فنولوژی از روش درجه روزهای رشد (GDD) طبق معادله (2) استفاده شد، مبنای کار در این روش جمع-بندی درجه حرارت‌های مؤثر یعنی درجه حرارت‌های است که بالاتر از صفر پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه است. این درجه حرارت به نوع گیاه بستگی دارد، در این تحقیق صفر فیزیولوژیکی برای جو صفر درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد (Quantum, 1975).

$$HU = \sum_1^N = \left[\frac{T_m + T_t}{2} \right] - T_t \quad (2)$$

HU: تعداد درجه حرارت‌های مؤثری که طی n روز جمع‌آوری شده، T_m : درجه حرارت حداقل روزانه، T_t : درجه حرارت پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه و N: تعداد روزها در یک‌زمان مشخص می‌باشد.

روش تعیین طول یک مرحله فنولوژیک

به‌منظور تعیین مدت‌زمان بین دو مرحله فنولوژیک بر اساس سیستم درجه حرارت مؤثر از معادله (3) استفاده شد (Shagivandi, 2009).

$$N = \frac{A}{T - B} \quad (3)$$

در این معادله، N: مدت‌زمان بین دو مرحله فنولوژیک (برحسب روز)، A: مجموع درجه حرارت‌های مؤثر لازم برای تکمیل مرحله موردنظر و T: درجه حرارت متوسط محیط در طی مرحله موردنظر و B: صفر پایه محصول می‌باشد.

با استفاده از این رابطه می‌توان با توجه به آمار درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه مراحل فنولوژی جو دیم را پیش‌بینی نمود.

به‌منظور تعیین بهترین زمان کاشت محصول جو دیم و بهترین زمان‌های وقوع هریک از مراحل فنولوژی (جوانه‌زدن، پنجه‌زدن، گل-دادن و درنهایت، رسیدن محصول) در استان لرستان، داده‌های هریک

خروجی این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش یا ساعات آفتابی می‌باشند. در مرحله ارزیابی مدل، خروجی مدل مورد آنالیز قرارگرفت. با استفاده از ضریب تعیین (R^2) و انحراف معیار اقدام به ارزیابی داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده‌شده) موجود در دوره پایه شد. پس از ارزیابی مدل LARS-WG و اطمینان از مناسب بودن مدل، از آن برای ریزمقیاس کردن داده‌های مدل گردش عمومی جو HadCM₃ استفاده شد.

مقادیر روزانه بارش و دما برای دوره 2011-2030 میلادی با استفاده از سناریو تغییر اقلیم A₂ تولید شد، در مرحله بعد اقدام به تعیین تقویم زراعی برای دوره مشاهداتی و دوره پیش‌بینی شد. برای تعیین تقویم در دوره پایه از آمار بلندمدت ایستگاه‌های استان لرستان از سال‌های 1995 تا 2010 میلادی استفاده شد، سپس به تجزیه و تحلیل و دسته‌بندی آن‌ها طی مراحل فنولوژی پرداخته شد. از آزمون تصادفی بودن¹ برای صحت و همگنی داده‌ها استفاده شد. در این تحقیق با توجه به درجه حرارت مناسب برای جوانه‌زنی در منطقه، جهت یافتن مناسب‌ترین زمان کشت جو دیم، فقط بر عنصر بارش تأکید شده است، سعی شده به یک تقویم کاشت بر اساس شروع بارندگی دست پیدا کنیم، بر اساس وضعیت اقلیمی مناطق خشک و نیمه‌خشک برای تعیین تاریخ کشت از تعریف زیر استفاده شد.

تاریخ شروع بارندگی از مبدأ (مهرماه): روزی است که

جمع بارندگی به پنج میلی‌متر برسد، به شرطی که پانزده روز بعد از آن خشک نباشد (Mohammadi, 2007). تاریخ کشت جو دیم از طریق احتمال ویبول (معادله 1) و با ضریب اطمینان 50 و 75 درصد محاسبه گردید، احتمال ویبول تجربی است و در برآورد بارش‌های فصلی از دیگر فرمول‌های تجربی بهتر است (Alizadeh, 1992).

$$p = \frac{m}{n+1} \times 100 \quad (1)$$

در این معادله p = تاریخ کشت به احتمال 75 و 50 درصد، m = شماره ردیف و n = تعداد داده‌ها می‌باشد.

پس از بررسی نتایج خروجی، تاریخ کشت برای هر ایستگاه به-دست آمد و سپس مراحل فنولوژی محاسبه گردید. نیازهای حرارتی جو در مراحل فنولوژی به‌قرار زیر است (Koocheki & Nassiri, 1994).

مورد استفاده قرار می‌گیرد ارائه شده است. نتایج نشان داد که داده‌های بارش و دما مشاهده شده و تولید شده دوره پایه 1980-2010 میلادی از همبستگی معنی‌داری برخوردار می‌باشند.

با توجه به نمودارهای زیر، میزان R^2 دمای حداکثر و حداقل در همه ایستگاه‌های نمونه در سطح معنی‌داری قابل قبولی قرار داشت، برای دمای حداکثر و حداقل سه ایستگاه مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج، بالا بودن ضرایب همبستگی را نشان داد. به‌طور کلی در تمامی ایستگاه‌ها ضرایب همبستگی بین مقادیر مدل‌سازی شده و مشاهداتی، حداقل در سطح اعتماد 0/95 درصد معنی‌دار بود. بعد از اطمینان از توانایی مدل در پیش‌بینی، تقویم زراعی در دوره مشاهداتی و آینده به‌دست آمد.

از شهرستان‌ها از طریق نرم‌افزار Smada با تمام توزیع‌ها پردازش شد که از بین آن‌ها توزیع Pearson type III بهترین پردازش را برای تمام ایستگاه‌ها و در تمام مراحل داشت. به این ترتیب بهترین تقویم زراعی کشت جو دیم محاسبه گردید. برای دوره‌ای پیش‌بینی نیز از همین روش برای تعیین تقویم زراعی استفاده شد لذا پس از ارزیابی مدل LARS-WG و اطمینان از مناسب بودن آن، داده‌های روزانه برای دوره 2011-2030 بر اساس سناریو تغییر اقلیم A₂ تولید شد. سپس اقدام به محاسبه تقویم زراعی برای دوره 2011-2030 میلادی شد و در نهایت، دو تقویم زراعی مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

در جدول (2) مقادیر R^2 (ضریب تعیین) و SD (انحراف معیار) بارش و دما مشاهداتی و پیش‌بینی که برای نشان دادن دقت مدل

جدول 2- بررسی شاخص SD و R^2 بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده (ژانویه)

Table 2 - Evaluation of the correlation coefficient R^2 and SD Observed and predicted rainfall (January)

ایستگاه Station	ضریب تعیین R^2	مشاهداتی SD Observed	پیش‌بینی SD predicted
خرم‌آباد Khoramabad	0.96	107.5	100.1
کوه‌دشت Kuhdasht	0.92	61.1	55.5
الیگودرز Aligoodarz	.97	62.9	53
پلدختر Poldokhtar	0.95	71.9	69.9
بروجرد Broujerd	0.94	63.5	60

جدول 3- بررسی شاخص همبستگی R^2 دما مشاهداتی و شبیه‌سازی شده (ژانویه)

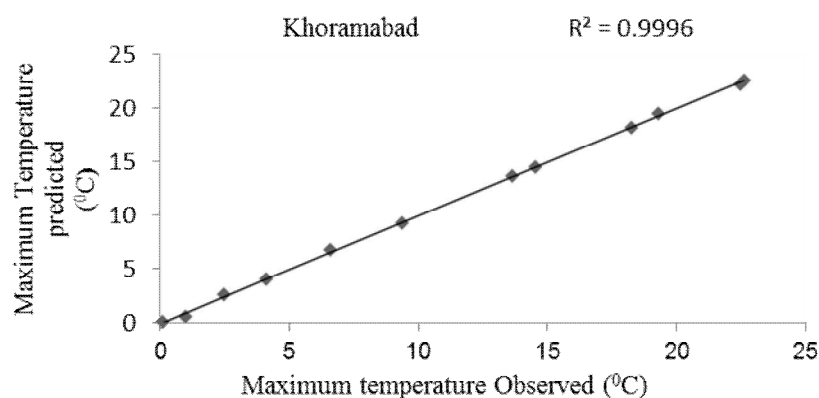
Table 3- Evaluation of the correlation coefficient R^2 Temperature observations and predicted (January)

ایستگاه Station	ضریب تعیین دمای حداقل R^2	ضریب تعیین دمای حداکثر R^2
	minimum temperature	maximum temperature
خرم‌آباد Khoramabad	0.9996	0.9997
کوه‌دشت Kuhdasht	0.9992	0.9996
الیگودرز Aligoodarz	0.9995	0.9987

جدول 4- میانگین دمای حداقل و حداکثر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده و انحراف معیار آن‌ها برای ماه مارس

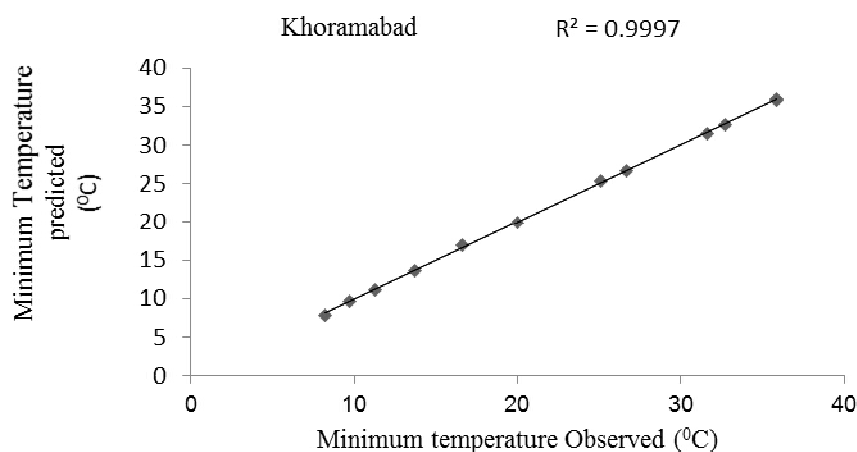
Table 4- Mean and standard deviations of observed and simulated data for March

ایستگاه Station	دمای حداقل		دمای حداکثر		انحراف معیار دمای حداقل		انحراف معیار دمای حداکثر	
	Minimum temperature		maximum temperature		Standard deviation maximum temperature		Standard deviation maximum temperature	
	مشاهده‌ای Observations	شبیه‌سازی Simulation	مشاهده‌ای Observations	شبیه‌سازی Simulation	مشاهده‌ای Observations	شبیه‌سازی Simulation	مشاهده‌ای Observations	شبیه‌سازی Simulation
خرم‌آباد Khoramabad	0.58	0.5	11.33	11	0.59	0.50	0.75	0.6
کوه‌دشت Kuhdasht	-1.5	-1.6	8.8	8.3	1.8	0.85	3.2	1
الیگودرز Aligoodarz	-6.3	-4.6	3.8	3.4	2.7	1	2.8	1



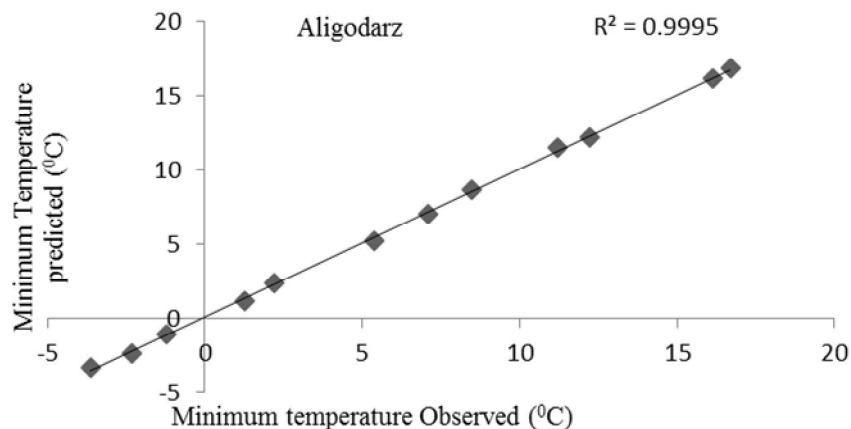
شکل 2- ضریب تعیین حداکثر دمای مشاهداتی و پیش‌بینی شده ایستگاه در خرم‌آباد (1980-2010 و 2011-2030)

Fig. 2 - R^2 maximum temperature observations and forecasts Khorramabad station (1980-2010 and 2011-2030)

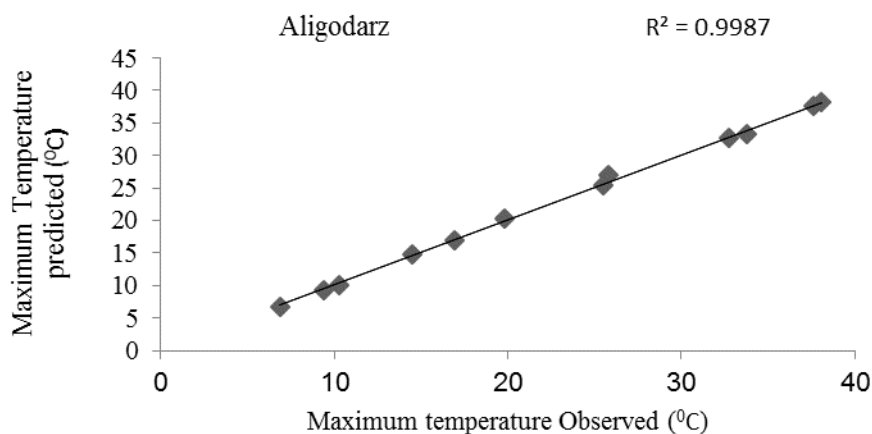


شکل 3- ضریب تعیین حداقل دمای مشاهداتی و پیش‌بینی شده در ایستگاه در خرم‌آباد (1980-2010 و 2011-2030)

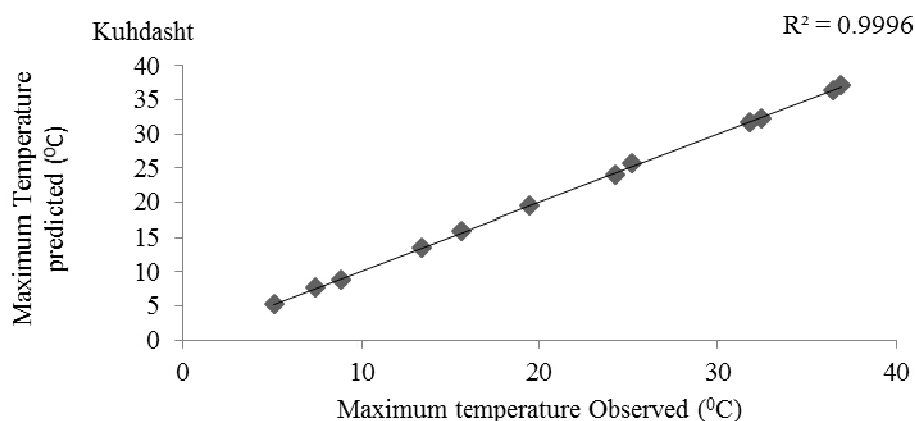
Fig. 3- R^2 minimum temperature observations and forecasts Khorramabad station (1980-2010 and 2011-2030)



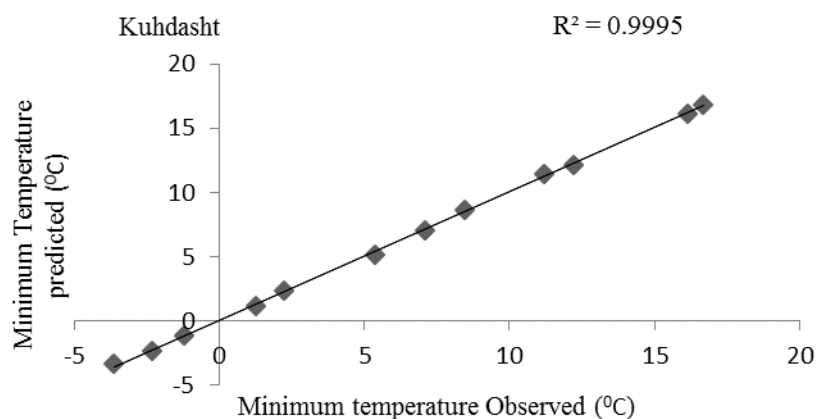
شکل 4 - ضریب تعیین حداقل دمای مشاهداتی و پیش‌بینی شده در ایستگاه الیگودرز (1980-2010 و 2011-2030)
Fig. 4- R^2 minimum temperature observations and forecasts Aligodarz station (1980-2010 and 2011-2030)



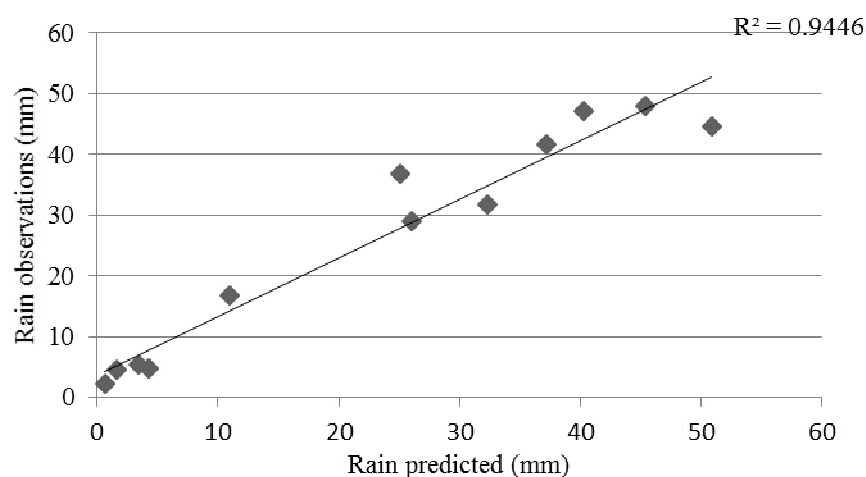
شکل 5 - ضریب تعیین حداکثر دمای مشاهداتی و پیش‌بینی شده در ایستگاه الیگودرز (1980-2010 و 2011-2030)
Fig. 5- R^2 maximum temperature observations and forecasts Aligodarz station (1980-2010 and 2011-2030)



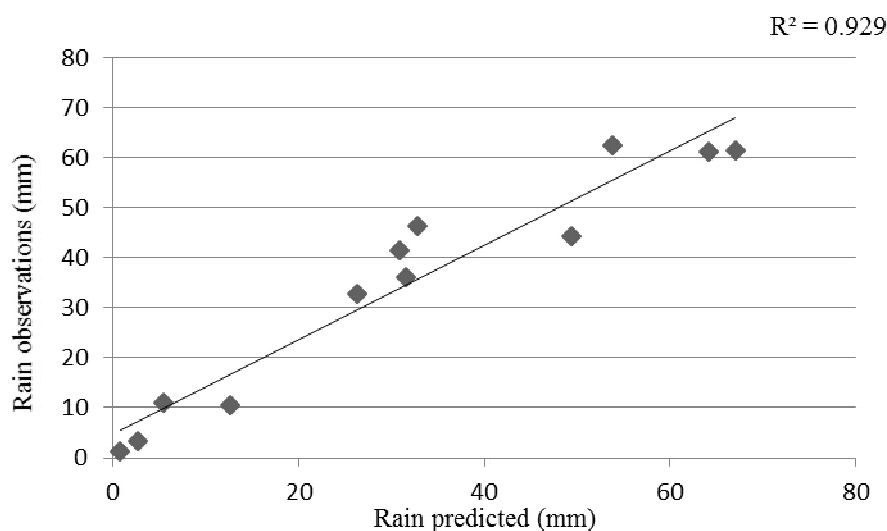
شکل 6 - ضریب تعیین حداکثر دمای مشاهداتی و پیش‌بینی شده در ایستگاه کوهدهشت (1980-2010 و 2011-2030)
Fig. 6- R^2 maximum temperature observations and forecasts Kuhdasht station (1980-2010 and 2011-2030)



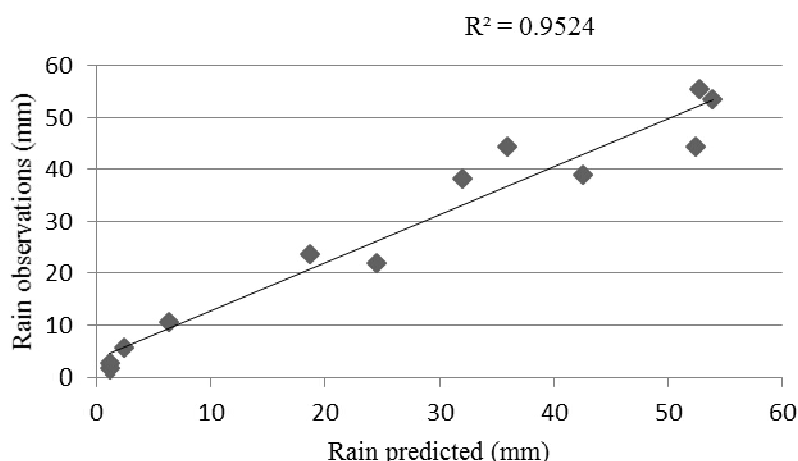
شکل 7- ضریب تعیین حداقل دمای مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده در ایستگاه کوهدشت (1980-2010 و 2011-2030)
Fig.7- R^2 minimum temperature observations and forecasts Kuhdasht station (1980-2010 and 2011-2030)



شکل 8- ضریب تعیین بارش مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده در ایستگاه کوهدشت (1980-2010 و 2011-2030)
Fig. 8- R^2 rain observations and forecasts Kuhdasht station (1980-2010 and 2011-2030)



شکل 9 - ضریب تعیین بارش مشاهداتی و پیش‌بینی‌شده در ایستگاه الیگودرز (1980-2010 و 2011-2030)
Fig. 9- R^2 rain observations and forecasts Aligoodarz station (1980-2010 and 2011-2030)



شکل 10- ضریب تعیین بارش مشاهداتی و پیش‌بینی شده در ایستگاه خرم‌آباد (1980-2010 و 2011-2030)
Fig. 10- R^2 rain observations and forecasts Khorramabad station (1980-2010 and 2011-2030)

کشت تابعی از درجه حرارت نیز می‌باشد؛ به‌طوری‌که گرم‌ترین منطقه استان شهرستان پل‌دختر می‌باشد که میانگین دمای سالانه آن 23 درجه سانتی‌گراد است و دیرترین آغاز کشت را داشت و شهرستان الیگودرز با دمای سالیانه 12/4 درجه سانتی‌گراد سردترین منطقه استان است، زودترین آغاز کشت را داشت.

اطلاعات مندرج در جدول 5 تاریخ کشت جو دیم با احتمال‌های 50 و 75 درصد در استان لرستان به تفکیک ایستگاه‌ها برای دوره مشاهداتی (سال‌های 1995-2010 میلادی) را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در دوره مشاهداتی زودترین تاریخ کشت در شمال استان شهرستان‌های بروجرد و الشتر اتفاق می‌افتد، و هر چه به سمت جنوب می‌رویم آغاز کشت به تعویق می‌افتد، چنانچه مشاهده می‌شود آغاز

جدول 5- تاریخ کشت جو دیم بر اساس آغاز بارندگی در استان لرستان به تفکیک ایستگاه‌ها طی سال‌های 1995-2010 میلادی

Table 5- Cultivation on dry barley in the province Lorestan divided stations during 1995-2010

منطقه	تاریخ شروع بارندگی بر اساس تعریف اول	
Region	Start of rain on the first definition	
احتمال	50 درصد	75 درصد
	50%	75%
Probability	بر اساس تاریخ شروع بارندگی Based on the date of rain start	بر اساس تاریخ شروع بارندگی Based on the date of rain start
خرم‌آباد	10 آبان	29 آبان
Khoramabad	1 November	20 November
بروجرد	13 آبان	22 آبان
Broujerd	4 November	13 November
کوه‌دشت	13 آبان	27 آبان
Kuhdasht	4 November	18 November
پل‌دختر	10 آبان	15 آذر
Poldokhtar	1 November	6 December
الیگودرز	11 آبان	1 آذر
Aligoodarz	2 November	22 November
الشتر	8 آبان	17 آبان
Aleshter	30 October	8 November

جدول 6- زمان وقوع مراحل فنولوژی کشت جو دیم به تفکیک ایستگاه‌ها دوره (1995-2010)

Table 6- Phenological stages of rainfed barley in selected stations of Lorestan province (1995-2010)

مرحله Phase ایستگاه Station	جوانه زدن Germination	پنجه زدن Tillering	گل دادن Flowering	پر شدن دانه Seed filling
احتمال Possibility	درصد 75 75%	درصد 75 75%	درصد 75 75%	درصد 75 75%
خرم‌آباد Khoramabad	30 آذر 12 December	27 بهمن 16 February	24 فروردین 13 April	6 خرداد May 27
الشتر Aleshter	18 آذر 9 December	9 فروردین 29 March	21 اردیبهشت 11 May	5 تیر 26 June
بروجرد Broujerd	5 دی 26 December	4 فروردین 24 March	15 اردیبهشت 5 May	26 خرداد 16 June
کوه‌دشت Kuhdasht	26 آذر 17 December	8 اسفند 27 February	29 فروردین 18 April	12 خرداد 2 June
پل دختر Poldokhtar	4 دی 25 December	1 اردیبهشت 21 April	28 اسفند 19 March	12 اردیبهشت 2 May
الیگودرز Aligoodarz	13 اسفند 4 March	1 اردیبهشت 21 April	28 اردیبهشت 28 May	16 تیر 7 July

جدول 7- تقویم زراعی کشت جو دیم استان لرستان در دوره پیش‌بینی 2011-2030

Table 7- Calendar crop cultivation dry barley Lorestan Over the forecast period 2011-2030

مرحله Stage	کوه‌دشت Kuhdasht	بروجرد Broujerd	الشتر Aleshter	خرم‌آباد Khoramabad	پل دختر Poldokhtar	الیگودرز Aligoodarz
احتمال 75% Probability%75	1 آذر 22 November	28 آبان 19 November	25 آبان 16 November	23 آبان 14 November	13 آبان 25 November	27 آذر 28 November
برداشت Harvest	17 فروردین 6 April	9 اردیبهشت 29 April	21 اردیبهشت 11 May	1 اردیبهشت 21 April	22 فروردین 11 April	6 خرداد 27 May

7 که تاریخ‌های کاشت و رسیدن جو دیم در دوره 2011-2030 میلادی را نشان می‌دهد، صرفاً تاریخ این دو مرحله آورده شد.

تقویم زراعی که با استفاده از مدل ریزمقیاس گردانی-LARS WG به‌دست آمد نشان داد که تاریخ کشت جو دیم در ایستگاه‌های مورد مطالعه زیاد تغییر نکرده و تفاوت‌های مشاهده‌شده کمتر از 10 روز می‌باشد، ولی تاریخ برداشت محصول در ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای تغییرات زیادی می‌باشد به‌طوری‌که بیشترین تغییرات مربوط به ایستگاه پل دختر بود که زمان برداشت آن 60 روز جلوتر اتفاق افتاد. به‌طوری‌که در دوره‌ای مشاهداتی برداشت محصول در 2 ماه می، می‌باشد، ولی با توجه با پیش‌بینی که بر اساس سناریو A₂ و با مدل LARS-WG انجام شد. زمان برداشت به 20 ژانویه رسید. بعد از پل دختر زمان برداشت در ایستگاه بروجرد نیز 47 روز زودتر اتفاق می‌افتد. بعد از این ایستگاه‌ها به ترتیب ایستگاه‌های الشتر،

بعد از آن که تاریخ کشت برای هر ایستگاه به‌دست آمد، سایر مراحل فنولوژی جو دیم را از طریق درجه روزهای رشد¹ (GDD) و با احتمال 75 درصد به‌دست آمد که در جدول 6 نمایان است. در دوره مشاهداتی دیرترین تاریخ رسیدن مربوط به ایستگاه‌های الیگودرز و الشتر می‌باشد، این دو ایستگاه از لحاظ دمایی سردترین ایستگاه‌های استان هستند و زودترین تاریخ رسیدن نیز مربوط به ایستگاه پل دختر می‌باشد که گرم‌ترین ایستگاه استان است، تاریخ رسیدن محصول همانند تاریخ کاشت نقش عامل درجه حرارت را به خوبی نمایان کرد. از آنجایی‌که تأکید در این تحقیق بیشتر بر روی زمان کاشت و رسیدن محصول بود و محاسبه سایر مراحل فنولوژی صرفاً برای رسیدن به مرحله رسیدن محصول محاسبه گردید. بنابراین، در جدول

1- Growth degree days

الیگودرز، کوه‌دشت و خرم‌آباد قرار دارند.

از طرف دیگر، کاهش طول فصل رشد باعث کاهش تولید و راندمان محصول می‌شود. پیش‌بینی که با مدل ریزمقیاس‌گردانی LARS-WG انجام شد، نشان داد که در دوره مورد پیش‌بینی (2011-2030) طول دوره رشد در تمام ایستگاه‌ها کاهش پیدا می‌کند. بیشترین کاهش مربوط به ایستگاه الیگودرز می‌باشد که طول دوره رشد 62 روز کاهش پیدا کرد. در مرتبه بعد ایستگاه‌های بروجرد، کوه‌دشت، الشتر و خرم‌آباد قرار دارند. کمترین کاهش طول دوره رشد مربوط به ایستگاه پل‌دختر بود که 15 روز طول دوره رشد آن کاهش پیدا می‌کند. این مطلب بیانگر این است که لزوماً در ایستگاهی که زمان برداشت محصول زودتر اتفاق می‌افتد بیشترین کاهش طول دوره رشد را نداشت و همچنین نشان داد که گرم‌ترین ایستگاه منطقه کمترین کاهش طول رشد را داشت و سردترین ایستگاه منطقه بیشترین کاهش طول رشد را داشت. بنابراین با توجه به این نتایج مشخص شد که، اولاً طول دوره رشد کاهش پیدا کرده و این کاهش طول دوره رشد بیشتر بر اثر تغییرات دمایی می‌باشد و نه تغییرات بارش. ثانیاً دوره آغاز کشت محصول چندان تغییر پیدا نکرده و با تفاوت کمتر از 10 روز نسبت به دوره‌ای مشاهداتی ثابت است و این حکایت از آن دارد که بارش‌های پاییزه که مربوط به فصل سرد می‌باشد تغییرات زیادی ندارد، بلکه این بارش دوره گرم است که کاهش پیدا می‌کند. همچنین یکی از محدودیت‌های کشت جو دیم در استان لرستان مربوط به دمای مرحله‌ای پنجه‌زنی می‌باشد که در دوره مورد پیش‌بینی این محدودیت تشدید شده، در دوره‌ای مشاهداتی دمای گل‌دهی و دانه‌دهی در شرایط مطلوب قرار دارد، ولی در دوره پیش‌بینی با افزایش دما، در این دو مرحله نیز منطقه با محدودیت دمای زیاد مواجه شد. لذا با توجه به اینکه بیشترین سطح زیر کشت در استان به جو دیم تعلق دارد، باید این کاهش فصل رشد در نظر گرفته شود. باید توجه داشت که کاهش مراحل رشدی منجر به کاهش عملکرد می‌شود، لذا باید کشاورزی منطقه به سمت کشت گونه‌های از این محصول برود که با طول فصل رشد کمتری سازگار باشند و بتوانند بازدهی را بالا ببرند. همچنین با کوتاه شدن فصل رشد مرحله جوانه‌زنی که یکی از مراحل مهم کشت می‌باشد، زودتر اتفاق افتاد و با سرماهای شدید زمستان مواجه شد که این به شدت بر بازدهی محصول اثر می‌-

گذارد. از طرف دیگر، افزایش دما و کاهش بارندگی در فصل گرما نیز باعث تنش گرمایی و کمبود آب مورد نیاز جو دیم می‌شود. پس باید برای زمان کشت محصول جو دیم تعریفی ارائه شود که اولاً متناسب با نیازهای اقلیمی کشت جو دیم باشد و ثانیاً باعث کشت زودتر جو دیم شود. اگرچه کشاورزان قادر نیستند شرایط اقلیمی را کنترل کنند، ولی مدیریت و تغییر فاکتورهای مهم کشاورزی می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات مضر تغییر اقلیم بر رشد و نمو و عملکرد محصولات کشاورزی داشته باشد. لذا راه مقابله با این تغییرات اقلیمی سازگاری می‌باشد که این سازگاری بسته نوع کشاورزی و سناریوهای تغییر اقلیمی که اتفاق می‌افتد متفاوت می‌باشد، از جمله این استراتژی‌ها تغییر تاریخ کاشت، تراکم کاشت، استفاده از ارقام مقاوم به شرایط گرم‌تر، تغییر در تناوب کشت و مدیریت آبیاری می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تاریخ کشت در تمام ایستگاه‌ها زودتر اتفاق خواهد افتاد و طول دوره‌رشد در تمام ایستگاه‌ها کاهش یافته است، بیشترین کاهش طول دوره رشد در ایستگاه الیگودرز با 62 روز می‌باشد. کاهش طول دوره‌ای رشد بیشتر بر اثر تغییرات دمایی می‌باشد، همچنین دوره‌ای آغاز کشت محصول چندان تغییر پیدا نکرد و با تفاوت کمتر از 10 روز نسبت به دوره‌ای مشاهداتی ثابت می‌ماند و این حکایت از آن دارد که بارش‌های پاییزه که مربوط به فصل سرد می‌باشد تغییرات زیادی ندارد، بلکه این بارش دوره گرم است که کاهش پیدا می‌کند. همچنین یکی از محدودیت‌های کشت جو دیم در استان لرستان مربوط به دمای مرحله پنجه‌زنی می‌باشد که در دوره مورد پیش‌بینی این محدودیت دوام می‌آورد و همچنین در دوره مشاهداتی دمای گل‌دهی و دانه‌دهی در شرایط مطلوب قرار دارد ولی در دوره پیش‌بینی با افزایش دما، در این دو مرحله نیز با تنش دمای زیاد مواجه می‌شویم، لذا با توجه به نتایج به‌دست‌آمده راهکارهای جهت سازگاری و افزایش کشت جو دیم در منطقه ارائه شد که این سازگاری بسته نوع کشاورزی و سناریوهای تغییر اقلیمی که اتفاق می‌افتد متفاوت می‌باشد، از جمله این استراتژی‌ها تغییر تاریخ کاشت، استفاده از ارقام مقاوم به شرایط گرم‌تر، تغییر در تناوب کشت و مدیریت آبیاری می‌باشد.

- Ababaei, S., Mirzaei, T., Rezaverdi Nejad, V., and Kaimi, B. 2010. The effect of climate change on wheat yield and risk analysis of the (Case study: the area of Rodasht). Journal knowledge of Soil and Water 3:135-150. (In Persian with English Summary)
- Agricultural Research Institute of Planning and Economy, 2006. Agricultural statistics, the Ministry of Agriculture.
- Agricultural Meteorological Organization (corporation Quantum), study Agriculture 15 country crop. 1975, Tehran, Iran Meteorological Organization 252: 1.
- Alijani, B., Moidfar, S., and Sabaeimehr, M. 2010. The climate change city of Yazd In relation to urban and regional development. Research and Urban Planning 3: 41-58. (In Persian with English Summary)
- Barzegar, A., Behzad, A., and Soltani, A. 2007. Future effects of climate change on yield of pea in dry conditions in North West of Iran. National Conference of Ecological Agriculture, Iran. (In Persian)
- Crepinsek, Z., Kajfez-Bogataj, L., and Bergant, K. 2006. Modeling of weather variability effect on phytophenology. Journal Ecological Modelling 194: 256-265.
- Carroll E., Sparks T., Donnelly, A., and Cooney, T. 2009. Irish phenological observations from the early 20th century reveal a strong response to temperature. Journal of Biology and Environment p. 116-126.
- Ding, Y., Ren, G., Zhao, Z., Xu, Y., Luo, Y., Li, Q., and Zhang, J. 2006. Detection, attribution and projection of climate change over China, an overview of the recent progress. Journal China National Report on Meteorology and Atmospheric Sciences (2003-2006), Report No. 12.
- Esaëili, R., Gandokar, A., and Ghayor, H. 2011. Zoning of climate change from the perspective of agriculture in the future climate. Case Study of Khorasan. Journal of Geography and Environmental Planning 41: 35-52. (In Persian with English Summary)
- Fengmei, Y., Yinglong, X., Erda, L., Masayuki, Y., and Jiahua, Z. 2007. Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China. Climatic Change 80: 395-409.
- Hasheminasab Khabisi, F., Mosavi Baygi, M., Bakhtiyari, B., and Davari, D. 2014. Projected changes in precipitation in the next 20 years in Province Kerman Using a small-scale model of LARS-WG and general circulation HADCM₃. Iranian Journal of Irrigation and Water Engineering 12: 43-57. (In Persian with English Summary)
- Jafari Moghadam, M., Hajizadeh, H., and Zeynati, A. 2007. Predict the Effects of Global Climate Change on Future Climate Khorasan, 2nd National Conference on Ecological Agriculture and Iran, July, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Gorgan, Iran.
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., and Ritchie, J.T. 2003. The DSSAT cropping system model. European Journal of Agronomy 18: 235-265.
- Koocheki, A., and Kamali, G.A. 2010. Climate change and dry land wheat production in Iran. Iranian Journal of Field Crops Research 508-520. (In Persian with English Summary)
- Koocheki, A., and Sharifi, H. 1998. The Ecological Consequences of Climate Change. First Edition, Jihad daneshgahi Press, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 1994. Crop Ecology. Press Jahad Daneshgahi Ferdowsi University, Mashhad, Iran. (In Persian)
- Laura, V., Ingrida, S., and Aruna, B. 2010. The modeling of climate change influence on plant flowering shift in Lithuania, Zemdirbyste. Journal of Agriculture 97: 41-48.
- Mandani, F., Nassiri Mahallati, M., and Koocheki, A. 2014. Modeled damage Sunn (integriceps. Put Eurygaster) on growth and yield of winter wheat (*Triticum aestivum*) under conditions of climate change. Journal of Plant Production Technology 14: 61-75. (In Persian with English Summary)
- Mohammadi, M. 2005. Determination of the appropriate calendar for dry land farming in province Ilam by using the index start rainfall. Iranian Journal of Geographical Research 37(51): 15-31. (In Persian with English Summary)
- Moradi, R., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2013. Effects of climate change on maize production and evaluation changing planting dates as a means of adaptation to climate Mashhad. Iranian Journal of Agricultural Knowledge and Sustainability 23(4): 111-130. (In Persian with English Summary)
- Momeni, M. 2004. Climate change and its effects on ecological instability in Iran. Third Regional Conference on Climate Change, Tehran, Iran. (In Persian)

- Orlandi, F., Ruga, L., Romano, B., and Fprnaciari, M. 2005. Olive flowering as an indicator of local climate changes. *Journal of Theoretical and Applied Climatology* 81: 169-176.
- Rahmani, M., Jamialhamdi, M., SHahidi, A., and Hadizadeh, M. 2015. The impact of climate change on water requirement during the stages of wheat and barley (Case study: Plain Birjand). *Journal of Agricultural Ecology* 4: 1-15. (In Persian with English Summary)
- Shahivandi, M. 2009. Lorestan Province agricultural zoning with emphasis on corn. MSc thesis Faculty of Science, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)
- Smith, D.W., van, W., Michael, C., and John, W. 2010. An analysis of climate change impacts on irrigated crop water requirement in the SA MDB region. CRC for irrigation future. Technical report No 15.10. and CSIRO land and water science, report No 05/10.
- Wielgolaski, F.E. 1999. Starting dates and basic temperatures in phenological observations of plants. *International Journal of Biometeorology* 42: 158-168.
- Zarakani, F., Kamali, G.A., and Chizari, A. 2014. The Effects of Climate Change on the Drought Farm (Case Study: Northern Khorasan). *Journal of Agricultural Ecology* 3(6): 301-310.
- Zhou, T., and Yu, R. 2006. 20th century surface air temperature over China and the global simulated by coupled climate models. *Journal of Climate* 19: 5843-5858.



Predicting Changes of Rainfed Barley (*Hordeum vulgare* L.) Farming Calendar using Downscaling LARS-WG and HadCM₃ Models in Lorestan Province in 2011-2030 period

M. Ahmadi¹, M. Fallahi KHoshji^{2*} and O. Mafakheri³

Submitted: 30-07-2015

Accepted: 09-01-2016

Ahmadi, M., Fallahi Khoshji, M., and Mafakheri, O. 2017. Predicting changes of rainfed Barley (*Hordeum vulgare* L.) Farming calendar using downscaling LARS-WG and HadCM₃ models in Lorestan province in 2011-2030 period. Journal of Agroecology 9(2): 475-489.

Introduction

The results of climate change studies in recent years confirm this phenomenon occurrence in Iran. The climatic characteristics (potential and limitations of climate) are considered in the long run, to determine the pattern of cultivation and distribution of different plant species. Unfortunately, the agricultural sector due to the low speed and power compliance, will suffer the greatest impact of climate change. General circulation models provide accurate tools to predict future climatic conditions, and the necessary data for the implementation of simulation models and the development of crops under climate change conditions. The study of the effects of climate change on the agricultural sector seems to be necessary due to increase the demand for agricultural production. The aim of this study was to investigate the effects of climate change on the rainfed barley farming calendar in Lorestan province as an effective pole in cereal cultivation in Iran.

Material and Methods

In order to study the effects of climate change on the rainfed barley farming calendar, outputs from the HadCM3 model simulations were used. After evaluating the LARS-WG stochastic weather generator model using performance indicators and ensure the suitability of the model, this model was applied to downscale HadCM3 model outputs. A₂ scenario was chosen to evaluate climate impacts for the period 2011–2030. In this study, due to the suitable temperature for germination in the region, has been emphasized only on the precipitation to find the most suitable time for barley cultivation. Planting date was calculated by Weibull probability with 50 and 75% confidence intervals. Growing degree days (GDD) were used to calculate the phenological stages. For the forecast period, the same method was used to determine the farming calendar.

Results and Discussion

The results showed that in the observation period, the earliest planting date was observed in northern province in Borujerd and Aleshtar cities, and as we go south, the planting date postponed. The beginning of the cultivation is a function of temperature, so that the latest planting date was observed in Poldokhtar city as the warmest region of the province. In the observation period, the latest harvesting date was observed in Aligoodarz and Aleshtar cities and the earliest harvesting date was observed in Poldokhtar city. In the forecast period, the beginning of crop cultivation did not change much and remained constant for less than 10 days compared to the observation period. However, many changes occurred in the harvesting date. So that the most changes with 60 days earlier occurred at the Poldokhtar city. The duration of the growth period reduced at all the stations. The greatest reduction in the duration of the growth period was observed at the Aligudarz city with 62 days. The decreasing duration of the growth period was due to changes in temperature and precipitation. This shows that the fall precipitation, which is related to the cold season, does not change much, but the precipitation of the

1, 2 and 3- Associated Professor, Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Researcher of Lorestan University Jihad (and PhD student of climate change Kharazmi University, Department of Physical Geography, Faculty of Geography) and PhD Student of Climatology synoptic, Department of Physical Geography, Faculty of Geography, Kharazmi University, Iran, respectively.

(Email: Fallahimostafa@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.46511

warm season decreases. One of the limitations of rainfed barley cultivation in Lorestan province is temperature in the tillering stage. This restriction will continue in future. In the observation period, temperature of flowering and grain filling period was in optimal conditions, but in the forecast period, with increasing temperature, we will encounter high temperature stress in these two stages. The adaptation strategies are different depending on the type of farming and the climate change scenario. Among these strategies we can mention changes in planting date and crop rotation, use of resistant varieties to the warm conditions and irrigation management.

Conclusion

The results showed that at all stations, the planting date will be earlier and the duration of the growth period will decrease in the period 2011–2030.

Keywords: Adaptability, Agriculture, Climate change, Modeling



بررسی اثر کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی (SMC) و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) در یک نظام زراعی کم نهاده

پرویز رضوانی مقدم^{1*}، حمید رضا احیایی² و محمد بهزاد امیری³

تاریخ دریافت: 1391/06/28

تاریخ پذیرش: 1392/10/25

رضوانی مقدم، پ، احیایی، ح. ر، و امیری، م. ب. 1396. بررسی اثر کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی (SMC) و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) در یک نظام زراعی کم نهاده. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 490-504.

چکیده

استفاده از کودهای آلی و بیولوژیکی از راهکارهای مهم کاهش اثرات زیان‌بار کودهای شیمیایی در مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شوند. به منظور بررسی اثر کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی (SMC) و مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 1388-89 اجرا شد. مایکوریزا (کاربرد و عدم کاربرد) به عنوان عامل اصلی و کاربرد سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ (سطوح 0، 20، 40، 60، 80 و 100 تن در هکتار) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج آزمایش نشان داد که اثر سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ بر اکثر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود، این در حالی است که میکوریزا اثر چندانی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر نداشت. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین قطر و طول سوخ و تعداد سوخک در بوته در تیمار 100 تن در هکتار کمپوست بقایای بستر قارچ مشاهده شد. بیشترین عملکرد اقتصادی با 12760 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 تن SMC در هکتار مشاهده شد، به طوری که با کاربرد 100 تن در هکتار SMC عملکرد اقتصادی در مقایسه با تیمار شاهد 48 درصد افزایش یافت. بیشترین ماده خشک تولیدی و شاخص برداشت نیز در تیمار 100 تن در هکتار کمپوست بقایای بستر قارچ مشاهده شد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد SMC خصوصیات کمی و کیفی آن را بهبود می‌بخشد و در نتیجه می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی مطرح شود.

واژه‌های کلیدی: حاصلخیزی، سوخ، عملکرد اقتصادی، گیاه دارویی، مدیریت پایدار

مقدمه

2013). از مهمترین کشورهای تولیدکننده سیر می‌توان به چین، هند و کره جنوبی اشاره کرد. ایران نیز با تولید 73 هزار تن از نظر میزان تولید سیر در دنیا در رتبه هیجدهم قرار دارد (Food & Agriculture Organization, 2009). سیر از زمان‌های گذشته به عنوان گیاهی دارویی مورد توجه بوده است، به طوری که در مصر باستان از این گیاه برای درمان اختلالات قلبی، سردرد و تومورها استفاده می‌شده است (Vakili, 2009). سیر یکی از با ارزش‌ترین گیاهان دارویی است که به عنوان کاهش‌دهنده کلسترول خون و جلوگیری‌کننده از تشکیل توده‌های پلاکتی خون کاربرد دارد (Agrawal & Mayeux, 1998).

سیر (*Allium sativum* L.) یکی از گیاهان مهم دارویی در دنیا و ایران به شمار می‌رود. میزان تولید سیر در جهان 13 میلیون تن و متوسط عملکرد آن 10 تن در هکتار می‌باشد (FAOSATAT, 2013).

1، 2 و 3- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی و دانش-آموخته دکتری اگرواکولوژی گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: rezvani@um.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51541

(*) - نویسنده مسئول:

برای افزایش کارایی آن استفاده از یک مکمل حاوی نیتروژن ضروری به نظر می‌رسد (Stewart et al., 1997). ویژگی‌های SMC تا حد زیادی به فرآیند کمپوست شدن، تکنیک‌های کشت و شرایط آب و هوایی بستگی دارد. به علت افزایش دما طی فرایند کمپوست شدن، SMC عاری از آفات و بذور علف‌های هرز است و حاوی سطوح بسیار کمی از فلزات سنگین و آفت‌کش‌هاست (Uzun, 2004). در دنیا 5/6 میلیون تن SMC در صنعت تولید قارچ دکمه‌ای تولید می‌شود (Lankinen et al., 2004)، که به‌طور متوسط به‌ازای هر کیلوگرم قارچ تولید شده، پنج کیلوگرم SMC تولید می‌شود (Velusami et al., 2007).

پرگرینا و همکاران (Peregrina et al., 2009) با کاربرد دو نوع SMC تازه (F-SMC) و SMC دوباره کمپوست‌شده تحت شرایط هوایی (R-smc) گزارش کردند که هر دو نوع SMC مورد مطالعه درصد مواد آلی را در اعماق مختلف خاک (0-5 و 15-5 سانتی‌متری) افزایش دادند و رطوبت قابل دسترس نیز با استفاده از این کودها افزایش یافت. در آزمایش دیگری اثر کمپوست بقایای بستر قارچ بر خصوصیات فیزیکی خاک مطالعه و گزارش شد که با کاربرد SMC میزان ماده آلی و رطوبت خاک افزایش و میزان فشردگی آن کاهش یافت (Jordan et al., 2008). پولات و همکاران (Polat et al., 2009) با بررسی اثر SMC بر خصوصیات کمی خیار (*Cucumis sativus* L.) گزارش کردند که SMC ضمن بهبود مواد آلی خاک، عملکرد کل میوه و عرض میوه آن را به میزان قابل توجهی افزایش داد. احیایی و همکاران (Ehyae et al., 2010) گزارش کردند که کاربرد 40 تن در هکتار SMC موجب افزایش ارتفاع، تعداد برگ، طول خوشه، ماده خشک تولیدی و تعداد دانه در بوته گندم (*Triticum aestivum* L.) شد.

میکوریزا یکی از با اهمیت‌ترین ریزموجودات در خاک‌های تخریب نشده است، به‌طوری‌که بر طبق تخمین‌های موجود حدود 70 درصد زیست‌توده میکروبی خاک را میسلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (Mukerji & Chamola, 2003). مهمترین کارکردهای میکوریزای آربسکولار در بوم‌نظام‌های زراعی شامل افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی به‌ویژه فسفر، افزایش فتوسنتز، افزایش کارایی آب، افزایش مقاومت به آفات و بیماری‌ها، افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی، افزایش محتوای کلروفیل و بهبود ساختمان خاک می‌باشد (Varma, 2003; Varma & Hock, 1999). مطالعات متعددی به

امروزه از کودهای شیمیایی به‌عنوان ابزاری برای نیل به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. متأسفانه مصرف کودهای شیمیایی در کشور نامتعادل بوده و مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد و باور بر این است که با تداوم روند فعلی مصرف بی‌رویه، نامتعادل و نابه‌هنگام کودهای شیمیایی به جای خاک زراعی، سنگ برای نسل آینده به ارث خواهد ماند (Malakoti, 1996). کاربرد بیش از حد کودهای شیمیایی در کشاورزی باعث مشکلات زیست‌محیطی زیادی مانند تخریب ساختمان فیزیکی خاک، عدم تعادل غذایی خاک و اوتریفیکاسیون آب‌ها شده است، از این رو کودهای آلی می‌تواند جایگزین مناسبی برای این مواد در کشاورزی باشد. این کودها دارای مقادیر مناسبی از عناصر مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن و فسفر و نیز مواد آلی بوده، از این‌رو ضمن بهبود ساختمان خاک باعث افزایش تولید محصولات زراعی می‌شوند (Zhou et al., 2005). افزودن مواد آلی به خاک، آبشویی مواد غذایی را کاهش داده و کاربرد آن به عنوان یک کود بیولوژیک دارای مزایای محیطی دیگری از جمله کاهش فرسایش، بهبود باروری خاک و نگهداری رطوبت خاک و افزایش تولیدات گیاهی می‌باشد (Cabrera et al., 2009). اضافه نمودن مواد آلی به خاک ضمن افزایش قابلیت نگهداری و نفوذپذیری آب و ایجاد تهویه مناسب، سله بستن و وزن مخصوص ظاهری خاک را کاهش داده و علاوه بر این میزان مواد غذایی، قابلیت تبادل کاتیونی و شرایط لازم برای کشت را بهبود می‌بخشد (Lampkin, 1990).

در سال‌های اخیر صنعت پرورش قارچ در ایران به سرعت گسترش یافته است، به طوری‌که مصرف قارچ دکمه‌ای نسبت به انواع دیگر قارچ‌های خوراکی بالاتر و در نتیجه تولید آن هم بیشتر شده است. کمپوست بقایای بستر در سالن‌های پرورش قارچ خوراکی و در واقع پس‌مانده این کارخانجات است که به علت طی کردن مراحل کمپوست‌سازی و پاستوریزه شدن، عاری از عوامل بیماری‌زا، بذور علف‌های هرز و تخم حشرات است و به علت دارا بودن نمک‌های تغذیه‌ای مختلف از جمله پتاسیم، خاک را از اضافه نمودن کودهای شیمیایی پتاسه بی‌نیاز می‌کند و می‌تواند به عنوان جایگزینی بوم‌سازگار برای سایر کودهای آلی و کودهای شیمیایی در نظر گرفته شود (Peter, 1998; Maynard, 2001). کمپوست بقایای قارچ خوراکی¹ (SMC) منبعی غنی از فسفر و پتاسیم است و برخی آزمایشات نشان داده است که استفاده از آن منجر به کمبود نیتروژن در محصولات می‌شود، لذا

منظور بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد گیاهان زراعی در شرایط گلخانه و مزرعه انجام شده است.

علی‌رغم مطالعات متعددی که در زمینه استفاده از کودهای آلی و بیولوژیک انجام شده است، اطلاعات کمی در مورد تأثیر کمپوست بقایای بستر قارچ بر خصوصیات کمی و کیفی گیاهان در دسترس است، بنابراین این تحقیق با هدف بررسی کاربرد سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ و مایکوریزا بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سیر انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری جنوب شرقی مشهد در 59 درجه و 38 دقیقه طول شرقی و 20 درجه عرض شمالی و ارتفاع 985 متری از سطح دریا در سال زراعی 1388-89 اجرا شد. این تحقیق به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. مایکوریزا (کاربرد و عدم کاربرد) به عنوان عامل اصلی و سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی یک ساله (سطوح ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و 100 تن SMC در هکتار) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. گونه میکوریزا مورد استفاده در آزمایش، گلاموس موسه¹ بود.

قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک نمونه‌گیری انجام و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن تعیین گردید (جدول 1). همچنین برخی از خصوصیات شیمیایی کمپوست بقایای بستر قارچ در جدول 2 نشان داده شده است.

برای آماده‌سازی زمین ابتدا دو دیسک عمود بر هم زده شد و سپس به منظور تسطیح خاک از لولر استفاده گردید. کرت‌های اصلی و فرعی به وسیله کارگر و به ترتیب با ابعاد 2x12 و 2x2 متر ایجاد شدند و سپس SMC مورد نیاز برای هر تیمار توزین شده و به صورت یکنواخت با خاک کرت مربوطه مخلوط گردید. توده سیر مورد استفاده برای کاشت توده محلی ساری بود. سوخک‌ها اوایل آذرماه 1388 با فاصله روی ردیف 10 سانتی‌متر و فاصله‌ی بین ردیف 20 سانتی‌متر کشت شدند. برای اعمال مایکوریزا، مطابق توصیه شرکت تولیدکننده²

1- *Glomus mosseae*

2- شرکت قارچ مهر رویان شاهرود

به ازای هر سوخک کشت شده 10 گرم خاک حاوی این قارچ استفاده شد. خاک حاوی مایکوریزا در زیر سوخک‌های کشت شده قرار داده شد. برای کنترل علف‌های هرز دو نوبت وجین دستی در طول فصل رشد انجام شد. در طول دوره رشد هیچ‌گونه سم یا آفت‌کش شیمیایی مورد استفاده قرار نگرفت.

در تاریخ 10 تیر ماه 1389، همزمان با زرد شدن اندام‌های هوایی، برای تعیین عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت عمل برداشت از کل سطح کرت‌های آزمایشی صورت گرفت، ضمن اینکه سه بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد سوخک در بوته، وزن تر و خشک سوخ در بوته، وزن تر و خشک سوخک در بوته، قطر و طول سوخ در بوته، وزن سوخ‌های کمتر از 15 گرم در هکتار و بیشتر از 30 گرم در هکتار، طول، قطر و حجم سوخک در بوته، وزن خشک اندام هوایی در بوته و ماده خشک تولیدی در هکتار، تعداد برگ در بوته، عملکرد بیولوژیک، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. طول ساقه با استفاده از خط‌کش و طول و قطر سوخ و سوخک در بوته با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد با حذف حاشیه‌ها از دو طرف کرت یک مترمربع برداشت شد. برای اندازه‌گیری وزن اندام هوایی و ماده خشک تولیدی، وزن تر سوخ و وزن تر و خشک سوخک در بوته از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم استفاده شد و حجم سوخک در بوته به وسیله استوانه مدرج تعیین شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 و MS Excel Ver. 11 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

براساس تجزیه واریانس داده‌ها ارتفاع بوته در سطوح مختلف SMC معنی‌دار بود، درحالی‌که از این نظر اثرات ساده میکوریزا و برهمکنش آن با SMC معنی‌دار نبود (جدول 3). در بین سطوح SMC بیشترین ارتفاع بوته در تیمار 40 تن در هکتار (39/83 سانتی‌متر) و کمترین مقدار آن در تیمار 80 تن در هکتار (31/10 سانتی‌متر) مشاهده شد، که البته از این نظر سطح 40 تن در هکتار با سایر سطوح SMC تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 5). در بررسی احیایی و همکاران (Ehyae et al. 2010) اثر SMC بر خصوصیات

مورفولوژیکی گندم مطالعه و گزارش شد که بیشترین ارتفاع بوته در سطح 40 تن در هکتار SMC به دست آمد.

جدول 1- خصوصیات فیزیوشیمیایی خاک

Table 1- Physiochemical characteristics of soil

هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) (dS.m ⁻¹) EC	نیترژن کل (درصد) Total N (%)	فسفر قابل دسترس (پی پی ام) Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (پی پی ام) Available K (ppm)	بافت Texture	pH
1.1	0.074	10	475	سیلت-لومی Silt-loam	7.6

جدول 2- برخی خصوصیات شیمیایی کمپوست بقایای بستر قارچ مصرف شده

Table 2- Some chemical characteristics of SMC

CaCO ₃ (%)	EC (dS.m ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (ppm)	O.C (%)	Ca ⁺⁺ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Na ⁺ (ppm)	pH
15	3.32	8.23	16.61	32	2350	382.4	7.1

در هکتار و کمترین مقدار آن در تیمار عدم کاربرد SMC مشاهده شد (جدول 5). کاربرد 100 تن در هکتار SMC موجب افزایش 67 درصدی وزن خشک سوخ در بوته نسبت به تیمار شاهد شد. علت افزایش وزن تر و خشک سوخ در بوته با افزایش کاربرد SMC را می توان به افزایش فرآهمی مواد آلی خاک، رطوبت خاک و مواد غذایی مورد نیاز گیاه نسبت داد (Peregrina et al., 2009; Polat et al., 2009). در یک بررسی که مدینا و همکاران (Medina et al., 2009) بر روی کاربرد SMC انجام دادند مشاهده کردند که با افزایش کاربرد SMC میزان جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو در گیاهان تیمار شده به طور چشمگیری افزایش یافت.

براساس تجزیه واریانس داده ها قطر و طول سوخ برای تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/05$) معنی دار شد (جدول 3). در بین سطوح کمپوست، کاربرد 100 تن در هکتار با 4/79 سانتی متر بیشترین و تیمار شاهد با 3/39 سانتی متر کمترین قطر سوخ را دارا بودند (جدول 5). همچنین بیشترین و کمترین طول سوخ به ترتیب در تیمارهای کاربرد 80 تن در هکتار (5/46 میلی متر که تفاوت معنی داری با سطوح دیگر به جز شاهد نداشت) و شاهد (3/71 میلی متر) مشاهده شد (جدول 5)، که می توان دلیل این امر را افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی و آب دانست (Peregrina et al., 2009). در آزمایشی اثر کاربرد SMC بر روی خیار بررسی و مشاهده شد که کاربرد 80 تن در هکتار SMC موجب افزایش معنی دار قطر میوه ها شد (Polat et al., 2009).

براساس تجزیه واریانس داده ها وزن اندام هوایی در بوته برای تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/05$) معنی دار شد، در حالی که برهمکنش اثر SMC $\times$ مایکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی معنی دار نبود (جدول 3). بیشترین و کمترین وزن اندام هوایی به ترتیب در تیمار کاربرد 40 تن در هکتار (2/5 گرم) و شاهد (1/3 گرم) مشاهده شد (جدول 5). در مطالعه ای بر روی دو گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) و فلفل (*Capsicum annum* L.) مشاهده شد که با افزایش مصرف سطوح SMC وزن خشک اندام هوایی گیاهان افزایش پیدا کرد (Medina et al., 2008). در تحقیقی مشاهده شد که با افزایش سطوح مصرف کمپوست شهری وزن خشک اندام هوایی ذرت (*Zea mays* L.) در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Yaghtin et al., 2010). در تحقیق دیگری که بر روی گندم در شرایط گلخانه ای انجام شد بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار 60 تن در هکتار SMC مشاهده شد (Ehyae et al., 2010).

براساس نتایج تجزیه واریانس داده ها وزن تر و وزن خشک سوخ در بوته برای تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/01$) معنی دار بود، در حالی که برهمکنش SMC $\times$ مایکوریزا بر وزن تر و خشک سوخ معنی دار نبود (جدول 3). نتایج نشان داد که بیشترین و کمترین وزن تر سوخ در بوته به ترتیب در تیمارهای کاربرد 100 تن در هکتار با 39/85 گرم و تیمار شاهد با 18/42 گرم مشاهده شد (شکل 1). کاربرد 100 تن در هکتار SMC موجب افزایش 53 درصدی وزن تر سوخ در بوته شد. بیشترین وزن خشک سوخ در بوته در تیمار 100 تن

Table 3- Analysis of variance for morphological studied characteristics of garlic under application of mycorrhiza and different levels of spent mushroom compost

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول سوخ Length of bulb	وزن خشک اندام Shoot dry weight per plant	وزن تر سوخ Fresh weight of bulbs per plant	وزن خشک سوخ Dry weight of bulbs per plant	قطر سوخ Diameter of bulb	قطر سوخ Diameter of clove	وزن تر سوخ Fresh weight of clove	حجم سوخ Clove volume
تکرار Replication	2	0.02 ^{ns}	3.8 ^{ns}	0.11 ^{ns}	26.5 ^{ns}	4.32 ^{ns}	5.41 [*]	1.96 ^{ns}	28.82 ^{ns}	22.5 ^{ns}
مایکوریزا Mycorrhiza	1	0.16 ^{ns}	6.48 ^{ns}	0.4 ^{ns}	115.41 ^{ns}	4.13 ^{ns}	8.39 ^{ns}	0.4 ^{ns}	14.76 ^{ns}	37.21 ^{ns}
خطای a	2	0.24	0.68	0.41	73.2	5.72	3.72 ^{ns}	0.14 ^{ns}	1.5 ^{ns}	171.68
Error a										
کمپوست بقایای پستراج SMC	5	0.34 [*]	2.58 [*]	0.94 ^{**}	372.99 ^{**}	38.07 ^{**}	2.93 [*]	0.9 ^{ns}	60.93 ^{ns}	404.45 ^{**}
SMC * مایکوریزا a*b	5	0.97 ^{ns}	1.02 ^{ns}	0.41 ^{ns}	55.05 ^{ns}	2.35 ^{ns}	1.23 ^{ns}	2.54 ^{ns}	72.2 ^{ns}	105.17 ^{ns}
خطای b	20	0.74	0.93	0.18	47.58	7.26	0.93	1.19	26.76	65
Error b										
ضریب تغییرات کل (درصد) C.V (%)	-	20.12	19.64	22.23	12	27.9	20.63	9.92	14.69	30.66

ns: Non significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively. *, ** and ***: به ترتیب عدم معنی داری و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک مورد مطالعه سیر در شرایط استفاده از مایکوریزا و سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی

Table 4-Analysis of variance for morphological studied characteristics of garlic under application of mycorrhiza and different levels of spent mushroom compost											
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد سونخک در بوته Number of cloves per plant	وزن سونخ‌های کمتر از ۱۵ گرم در هکتار Weight of bulbs Less than 15 grams bulbs hectare	۳۰ وزن سونخ‌های بیشتر از گرم در هکتار Weight of bulbs more than 30 grams hectare	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index	ماده خشک تولیدی در هکتار Dry matter yield per hectare	تعداد برگ در بوته Number of leaf per plant		
تکرار Replication	2	2.44 ^{ns}	138.58 [*]	1939650 ^{ns}	29.624 ^{ns}	1916.312 ^{ns}	7.55 ^{ns}	289.68 ^{ns}	0.24 ^{ns}		
مایکوریزا Mycorrhiza	1	0.66 ^{ns}	113.29 ^{ns}	351858 ^{ns}	1024.02 ^{ns}	4267.15 ^{ns}	50.73 ^{ns}	75.827 ^{ns}	0.169 ^{ns}		
خطای a Error a	2	1.28 ^{ns}	523.6 ^{ns}	4365526 ^{ns}	1031.03 ^{ns}	2621.01 ^{ns}	489.27 ^{ns}	366.97 ^{ns}	0.246 ^{ns}		
کمپوست بقایای بستر قارچ SMC	5	9.58 ^{**}	1534.85 ^{**}	45635743 ^{**}	2362.48 ^{**}	30987.89 ^{**}	1961.77 ^{**}	3191.8 [*]	0.348 ^{ns}		
مایکوریزا* SMC a*b	5	0.72 ^{ns}	73.39 ^{ns}	5184925 ^{ns}	1034.07 ^{ns}	3305.976 ^{ns}	670.54 ^{ns}	577.93 ^{ns}	0.973 ^{ns}		
خطای b Error b	20	1.57	105	1840136	45.184	2050.97	127.24	789.117	0.741 ^{ns}		
ضریب تغییرات کل (درصد) C.V (%)	-	11.88	49.8	67/19	22.23	14.64	16	28.33	20		

ns, * and **: are Non significant, significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$, respectively.
ns: به ترتیب عدم معنی داری و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

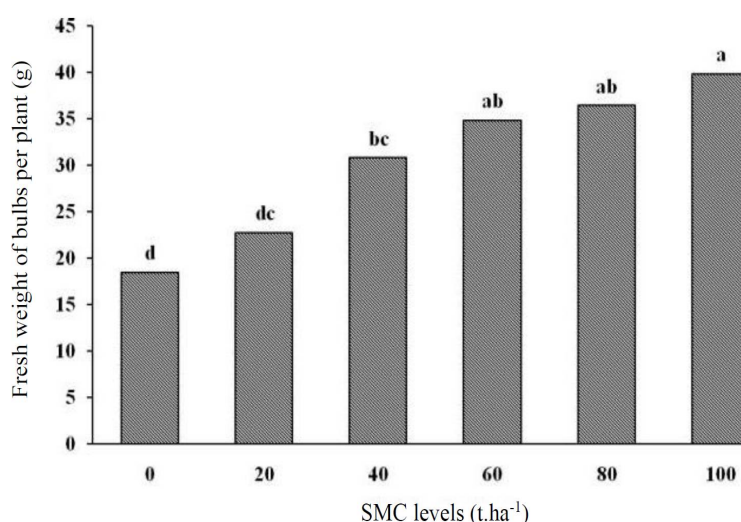
جدول 5- مقایسه میانگین برخی خصوصیات مورفولوژیکی سیر در شرایط کاربرد مایکوریزا و سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی

Table 5- Mean comparison of some morphological characteristics and yield components of garlic under application of mycorrhiza and different levels of SMC

سطوح SMC (تن در هکتار) Level of SMC (t.ha ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی در بوته (گرم) shoot Dry weight of per plant (g)	وزن تر سوخک در بوته (گرم) Fresh weight of clove per plant (g)	حجم سوخک در بوته (سانتی متر مکعب) Clove volum per plant (cm ³)	قطر سوخ (سانتی متر) Diameter of bulb (cm)	طول سوخ (سانتی متر) Length of bulb (cm)	وزن خشک سوخ در بوته (گرم) Dry weight of bulbs per plant (g)
0	33.97 ^{ab*}	1.30 ^c	3.65 ^a	11.59 ^d	3.39 ^b	3.71 ^b	5.46 ^c
20	35.78 ^{ab}	2.14 ^{ab}	3.81 ^a	19.25 ^{dc}	4.47 ^{ab}	4.60 ^{ab}	7.66 ^{cb}
40	39.83 ^a	2.50 ^a	3.60 ^a	23.59 ^{bc}	5.09 ^a	5.15 ^a	9.54 ^{ab}
60	37.50 ^{ab}	2.05 ^{ab}	2.87 ^{ab}	31.25 ^{ab}	5.18 ^a	5.43 ^a	11.28 ^a
80	31.10 ^b	1.68 ^{bc}	2.26 ^c	34.06 ^a	5.23 ^a	5.46 ^a	11.34 ^a
100	33.86 ^{ab}	1.77 ^{bc}	1.32 ^c	37.08 ^a	4.79 ^a	5.14 ^a	12.66 ^a

*در هر ستون میانگین هایی که حرف مشترکی ندارند بر اساس آزمون دانکن در سطح آماری پنج درصد، با هم تفاوت معنی داری دارند.

*Means by the similar letter in each column and treatment are not significantly different according to Duncan s multiple range tests (p≤0.05).



شکل 1- وزن تر سوخ در بوته سیر تحت تاثیر کاربرد سطوح مختلف کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی

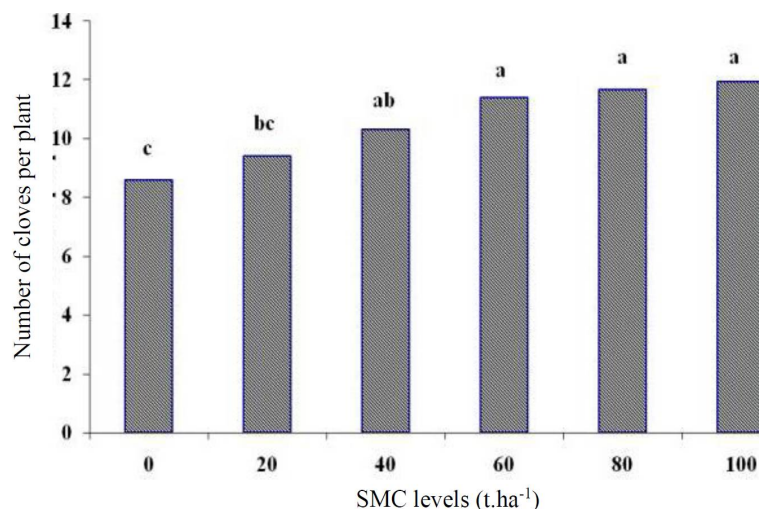
Fig. 1- Bulbs fresh weight per plant of garlic affected by different levels of used mushroom compost application

میانگین های دارای حروف مشترک تفاوت معنی داری ندارند.

The means by similar letters are not significantly different.

کمترین تعداد سوخک در بوته در تیمار شاهد 8/6 مشاهده شد (شکل 2). رضوانی مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2013) با بررسی اثر سطوح مختلف کمپوست قارچ مصرفی بر خصوصیات کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.) گزارش کردند که بیشترین تعداد گل در مترمربع در سطح 60 تن در هکتار کمپوست قارچ مشاهده شد. آن ها همچنین اظهار داشتند که هر یک از سطوح 20، 80 و 100 تن در هکتار نیز به ترتیب باعث افزایش 10، 13 و 13 درصدی تعداد گل در مترمربع نسبت به شاهد شدند.

براساس تجزیه واریانس داده ها حجم سوخک در تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/01$) معنی دار شد (جدول 3). در تیمار کاربرد 100 تن در هکتار بیشترین حجم سوخک با 3/08 سانتی متر مکعب و کمترین مقدار حجم سوخک در تیمار شاهد با 1/37 سانتی متر مکعب مشاهده شد (جدول 5). تجزیه واریانس داده ها نشان داد که تعداد سوخک در بوته در تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/01$) معنی دار شد (جدول 4). بیشترین تعداد سوخک در تیمار کاربرد 100 تن در هکتار 11/9 و

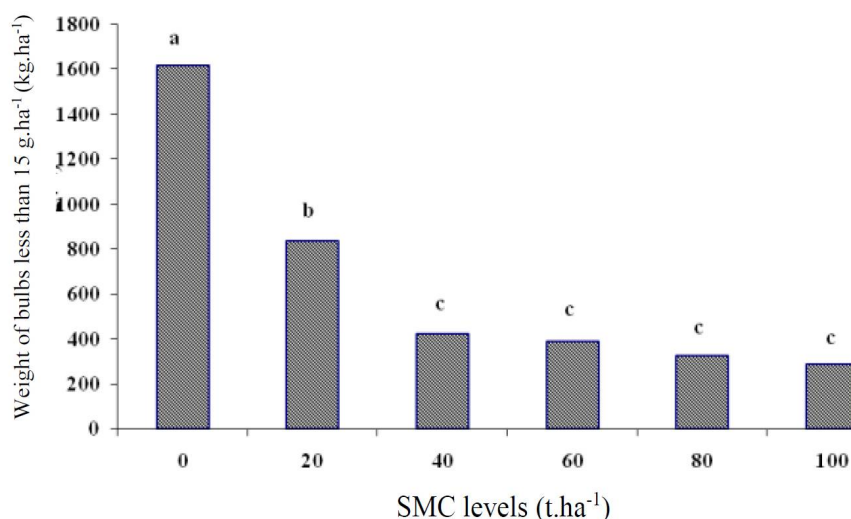


شکل 2- تعداد سوخک در بوته سیر تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف کاربرد کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی
Fig. 2- Total cloves per plant of garlic affected by different levels of mushroom compost application

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.
The means by similar letters are not significantly different.

SMC موجب کاهش 82 درصدی سوخ‌های کمتر از 15 گرم در مقایسه با تیمار شاهد شد. به نظر می‌رسد که دلیل افزایش سوخ‌های با وزن کمتر از 15 گرم در شاهد به دلیل شرایط نامساعد ساختمان خاک و کم بودن مواد آلی در تیمار شاهد باشد (Peregrina et al., 2009; Polat et al., 2009).

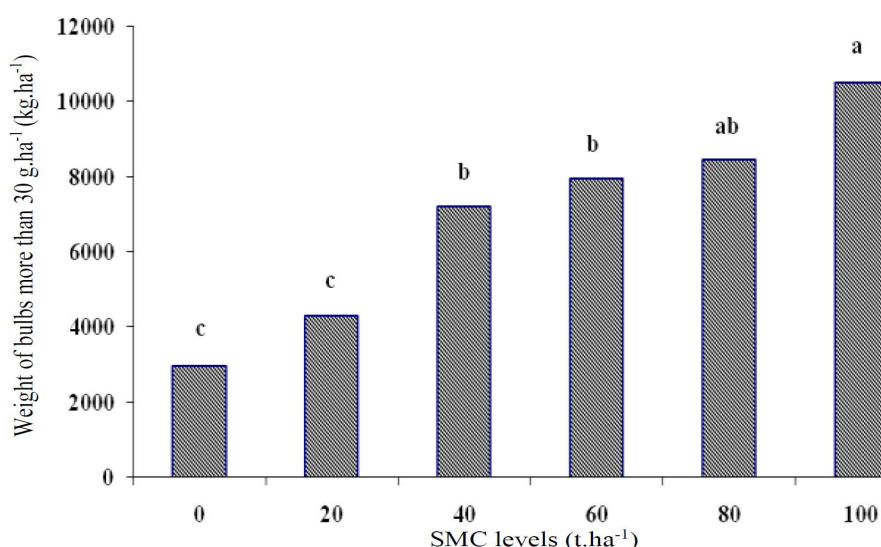
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن سوخ‌های کمتر از 15 گرم در تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح یک درصد ($p \leq 0/01$) معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین میزان سوخ‌های کمتر از 15 گرم در تیمار شاهد با 1618 کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان سوخ‌های کمتر از 15 گرم در تیمار کاربرد 100 کیلوگرم در هکتار SMC با 290 کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل 3) و کاربرد 100 تن در هکتار



شکل 3- میزان سوخ‌های کمتر از 15 گرم در هکتار سیر تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف کاربرد کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی
Fig. 3- Bulbs rate less than 15 g per ha of garlic affected by different levels of mushroom compost application

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.
The means by similar letters are not significantly different.

بررسی اثر SMC بر روی خیار دریافتند که کاربرد SMC در مقایسه با تیمار شاهد موجب افزایش میوه‌هایی با کیفیت بالاتر می‌شود. دلیل این که با افزایش سطوح کاربرد SMC میزان سوخ‌های بالاتر از 30 گرم افزایش یافت را می‌توان به این دلیل دانست که با افزایش کاربرد SMC مواد غذایی، ساختمان، مواد آلی و نفوذپذیری خاک افزایش یافته و گیاه می‌تواند عناصر غذایی بیشتری را جذب کند و کیفیت محصول تولید شده افزایش یابد (Lohr et al., 1984).



شکل 4- میزان سوخ‌های بالاتر از 30 گرم در هکتار سیر تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف کاربرد کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی
Fig. 4- Bulbs higher rate of 30 g/ha¹ of garlic affected by different levels of mushroom compost application

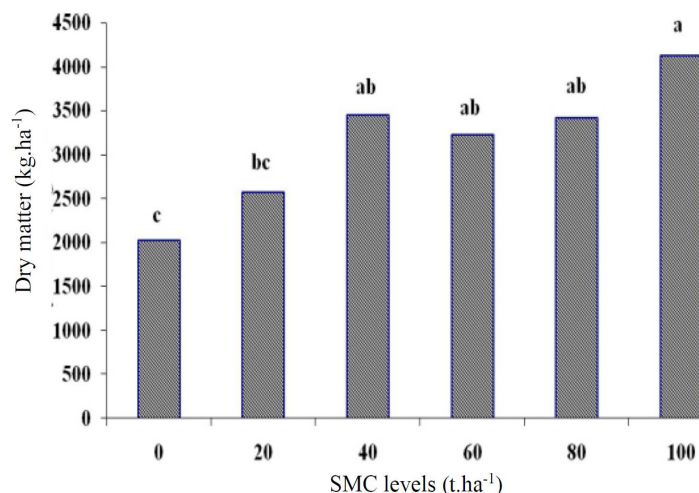
میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means by similar letters are not significantly different.

خشک تولیدی را در کاربرد 40 تن در هکتار SMC مشاهده کردند. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد اقتصادی در تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/01$) معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین عملکرد اقتصادی با 12760 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 تن SMC در هکتار مشاهده شد که با کاربرد 80 تن در هکتار SMC (1106 کیلوگرم) تفاوت معنی‌داری را نشان نداد، کمترین میزان عملکرد اقتصادی با 6616 کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل 6). با کاربرد 100 تن در هکتار SMC در مقایسه با تیمار شاهد میزان عملکرد اقتصادی 48 درصد افزایش پیدا کرد به نظر می‌رسد علت افزایش عملکرد اقتصادی با افزایش کاربرد SMC به دلیل افزایش در دسترس بودن عناصر غذایی باشد (Peregrina, et al., 2009; Polat et al., 2009).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میزان سوخ‌های بالاتر از 30 گرم در تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/01$) معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین میزان سوخ‌های بالاتر از 30 گرم در تیمار کاربرد 100 تن در هکتار SMC و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل 4)، نتایج نشان داد، کاربرد بیشترین سطح SMC (100 تن در هکتار) نسبت به تیمار شاهد میزان سوخ‌های بالاتر از 30 گرم را 72 درصد افزایش داد. پولات و همکاران (Polat et al., 2009) در

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کل ماده خشک تولیدی در هکتار در تیمار کاربرد کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/05$) معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین کل ماده خشک تولیدی با 4125 کیلوگرم در هکتار در تیمار 100 تن در هکتار SMC و کمترین میزان ماده خشک تولیدی با 2018 کیلوگرم در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل 5). نتایج نشان داد که با کاربرد 100 تن در هکتار میزان ماده خشک تولیدی 52 درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کرد. می‌توان دلیل افزایش ماده خشک تولیدی را در تیمار کاربرد SMC به دلیل افزایش حاصلخیزی و نگهداری آب و مواد غذایی دانست که منجر به تولید زیست‌توده بیشتر در مقایسه با تیمار عدم کاربرد SMC می‌شود (Wisniewska & Pankiewicz, 1989) در آزمایش‌های و همکاران (Ehyae et al., 2010) بر روی گندم، بیشترین ماده

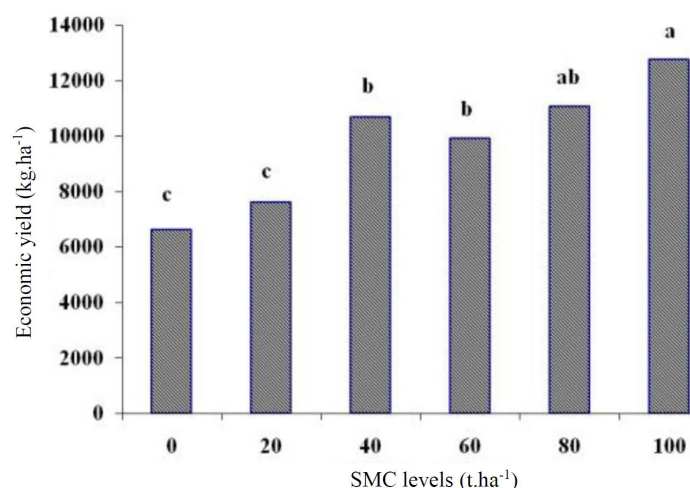


شکل 5- کل ماده خشک تولیدی سیر تحت تأثیر سطوح مختلف کاربرد کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی
Fig. 5- Total dry matter production of garlic under different levels of SMC application

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.
The means by similar letters are not significantly different.

مقایسه با شاهد افزایش داد. سینگر و همکاران (Singer et al., 2004) نیز با بررسی تأثیر کمپوست شهری بر عملکرد ذرت، گزارش کردند که با افزایش سطوح کمپوست عملکرد ذرت افزایش چشمگیری پیدا کرد. آن‌ها بیان کردند که کمپوست با آزادسازی تدریجی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه که متناسب با رشد آن است باعث بهبود عملکرد گیاه شد که می‌تواند در مورد گیاه سیر نیز صادق باشد.

رضوانی‌مقدم و همکاران (Rezvani Moghaddam et al., 2007) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی (کود گاوی) عملکرد تر و خشک گل و کلاله زعفران را به میزان چشمگیری در مقایسه با شاهد افزایش داد. اوزوگیون (Uzguven, 1998) اثر کمپوست قارچ را در بهبود عملکرد توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) مثبت گزارش کرد. رضائیان و پاسبان (Rezaian & Paseban, 2007) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی عملکرد کلاله زعفران را در



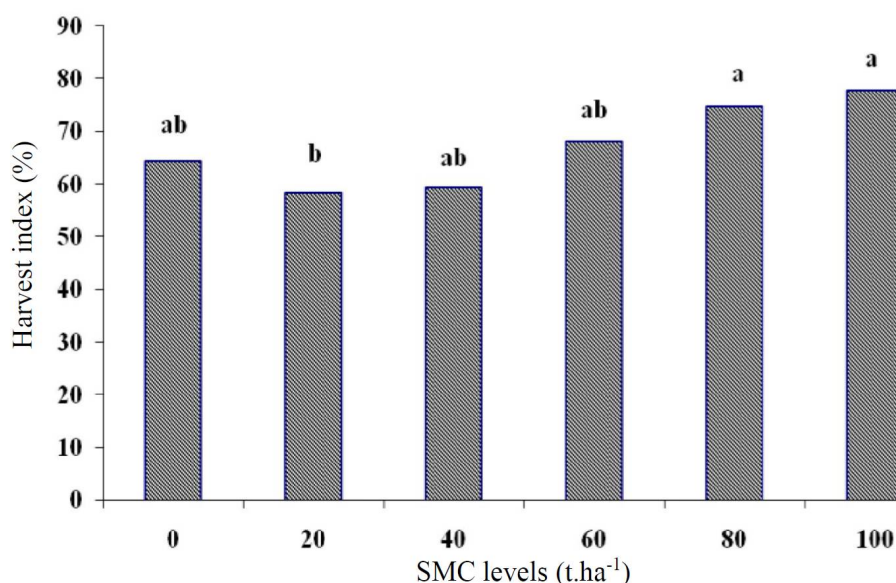
شکل 6- عملکرد اقتصادی سیر تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف کاربرد کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی
Fig. 6- Economic yield of garlic under different levels of mushroom compost application

میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.
The means by similar letters are not significantly different.

نتیجه‌گیری

در تمامی سطوح کاربرد SMC مورد استفاده، اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به شاهد برتری داشتند، علاوه بر این کاربرد SMC از طریق افزایش تعداد سوخک در بوته، وزن سوخ در بوته، عملکرد اقتصادی و همچنین میزان سوخ‌های بالای 30 گرم، باعث افزایش کمی سیر تولیدی شد. از میان سطوح کاربردی SMC، سطح 100 تن در هکتار در اکثر صفات برتری داشت. به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که کاربرد SMC بدون کوچکترین صدمات و مخاطرات محیطی و با حفظ پایداری و سلامت سیستم کشاورزی می‌تواند تا حد زیادی نیازهای غذایی گیاه را برطرف کند و نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش دهد.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص برداشت سوخ در تیمار کمپوست قارچ در سطح ($p \leq 0/01$) معنی‌دار شد (جدول 4). بیشترین شاخص برداشت با 77 درصد در تیمار 100 تن در هکتار SMC و کمترین میزان شاخص برداشت با 58 درصد در تیمار 20 تن در هکتار SMC مشاهده شد (شکل 7) که با تیمار شاهد و کاربرد 40 و 60 تن در هکتار SMC تفاوت معنی‌داری نشان نداد، نتایج نشان داد که کاربرد 100 تن در هکتار در مقایسه با کاربرد 20 تن در هکتار 19 درصد افزایش نشان داد. رحمانیان و همکاران (Rahmanian et al., 2011) اظهار داشتند که سطوح مختلف کمپوست قارچ عملکرد دانه گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.) را در مقایسه با شاهد افزایش داد. در همین راستا، سیدی و رضوانی‌مقدم (Seyed & Rezvani Moghaddam, 2011) به نقش مؤثر سطوح مختلف کمپوست قارچ در بهبود ویژگی‌های رشدی گندم اشاره کرده‌اند.



شکل 7- شاخص برداشت سوخ سیر تحت تأثیر تیمارهای سطوح مختلف کاربرد کمپوست بقایای بستر قارچ خوراکی
 Fig. 7 - Harvest index of bulbs of garlic under various levels of application of mushroom compost
 میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌داری ندارند.

The means by similar letters are not significantly different.

سپاسگزاری

مصوب با کد 18824/2 مورخ 1390/10/27 تأمین شده است که بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سپاس‌گزاری می‌گردد.

هزینه‌های انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی

- Agarwal, K.C. 1996. Therapeutic actions of garlic constituents. *Medicinal Research Reviews* 16: 111-124.
- Agrawal, K.C., Tou, J.S.H., King, B.T., Lipton, H.L., Hyman, A.L., Kadowiz, P.J., and McNamara, D.B. 1998. The pharmacological effects of allicin, a constituent of garlic oil. *Agents and Actions* 25: 182-90.
- Cabrera, V.E., Stavast, L.J., Baker, T.T., Wood, M.K., Cram, D.S., Flynn, R.P., and Ulery, A.L. 2009. Soil and runoff response to dairy manure application on New Mexico rangeland. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 255-262.
- Ehyae, H.R., Rezvani Moghaddam, P., Gaemi, M., and Motamedi, M.R. 2010. Investigation of the effects of spent mushroom compost (SMC) application on wheat. The First National Symposium on Agriculture and Sustainable Development Opportunities and Future Challenge. (In Persian with English Summary)
- FAOSTAT. 2013. Food and agriculture organization of United nations (FAO) statistical databases.
- FAO. 2009. FAO statistical databases. Available online at <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>.
- Jordan, S.N., Mullen, G.J., and Courtney, R.G. 2008. Utilization of spent mushroom compost for the revegetation of lead-zinc tailings: Effects on physico-chemical properties of tailings and growth of *Lolium perenne*. *Bioresource Technology* 99: 8125-8129.
- Lampkin, N. 1990. Organic Farming. Farming Press Bookes. Ipswich, Great Britain; distributed in North America by Diamond Farm Enterprises, Alexandria Bay, New York.
- Lankinen, P., Hilden, K., Aro, N., Salkinoja-Salonen, M., and Hattakka, A. 2004. Manganese peroxidase of *Agaricus bisporus*: grain bran-promoted production and gene characterization. *Applied Microbiology and Biotechnology* 66: 401-407.
- Lohr, V.I., Wang, S.H.I., and Wolt, J.D. 1984. Physical and chemical characteristics of fresh and aged spent mushroom compost. *HortScience* 19: 681-683.
- Mayeux, P.R., and Malakoti, M.G. 1996. Sustainable agriculture and increase yield with optimization of apply fertilizer in Iran. Publication Nashr Amozesh, Iran. (In Persian)
- Maynard, A. 1998. Utilization of MSW compost in nursery stock production. *Compost Science* 6: 38.
- Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M.D., Bustamante, M.A., and Moral, R. 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology* 100: 4227-4232.
- Mukerji, K.G., and Chamola, B.P. 2003. Compendium of Mycorrhizal Research/edited New Delhi, A.P.H., 2: 645-632.
- Okon, Y., and Labandera-Gonzales, C.A. 1994. Agronomic application of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. *Soil Biology and Biochemistry* 26: 1591-1601.
- Pathak, V.N., Yada, N., and Maneesha, G. 1998. Mushroom Production and Processing Technology. *Agronomy Botanica, India*. 179 pp.
- Peregrina, F., Larrieta, C., Martín, I., Martínez-Vidaurre, J.M., and García-Escudero, E. 2009. Effect of application spent mushroom compost as organic amendment in vineyard soil of the Origin Denomination Rioja (Spain). *Geophysical Research Abstracts* 11: 365-368.
- Peter, J. 2001. Compost Utilization in Horticultural Cropping System. CRC Press. U.S.A.
- Polat, E., Uzun, I., Topçulu, B., Onal, K., Onus, A.N., and Karaca, M. 2009. Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal of Biotechnology* 8: 176-180.
- Rahmanian, M., Hatami, F., Esmaeel Poor, B., and Hadian, J. 2011. Effect of spent mushroom compost on yield and yield components of *Satureja hortensis*. National Conference on Modern Agricultural Sciences and Technologies (MAST). (In Persian)
- Rezaian, S., and Paseban, M. 2007. The effect of micronutrients and manure fertilizers on the quantity and quality of Khorasan saffron. The Second International Symposium on Saffron Biology and Technology, April. (In Persian)
- Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M.B., and Ehyae, H.R. 2013. Effect of different levels of biological fertilizers and mushroom compost on flower yield and characteristics of saffron corms (*Crocus sativus* L.) in an organic farming system. *Journal of Agroecology* (In Press). (In Persian with English Summary)
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammadabadi, A.A., and Sabori, A. 2007. Effect of different animal manure on flower

- yield and qualitative and quantitative characteristics of forage production of saffron (*Crocus sativus*) in Mashhad condition. Second International Symposium on Saffron Biology and Technology, April. (In Persian)
- Seyedi, M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Evaluation of yeild, yeild components and nitrogen use efficiency in application of mashroom compost, biofertilizer and urea in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agroecology 3: 309-319. (In Persian with English Summary)
- Singer, J.W., Kohler, K.A., Liebman, M., Richard, T.L., Cambardella, C.A., and Buhler, D.D. 2004. Tillage and compost affect yield of corn, soybean, and wheat and soil fertility. Agronomy Journal 96: 531-537.
- Stewart, D.P.C., Cameron, K.C., and Cornforth, I.S. 1997. Inorganic-N realease from spent mushroom compost under laboratory and field conditions. Soil Biology and Biochemistry 13: 1689-1698.
- Ozguven, A.I. 1998. The opportunities of using mushroom compost waste in Strawberry growing. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 22: 601-607.
- Uzun, I. 2004. Use spent mushroom compost in sustainable fruit production. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research 12: 157-165.
- Vakili Shahrababaki, M.A. 2009. Khow Medicnal and Aromatic Plant. Publication of Azad Eslami University. (In Persian)
- Varma, A., and Hock, B. 1999. Mycoriza: Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology. Springer Microbiology Book. Berlin, pp. 1-132.
- Velisek, J., Kubec, R., and Davidek, J. 1997. Chemical composition and classification of culinary and pharmaceutical garlic- based products. Z Lebensm Unters Forsch 204: 161-164.
- Velusami, B., Grogan1, H, Curran, T.P., and McGuiness, B. 2007. Dynamics of hydrogen sulphide gas production in spent mushroom compost during storage and handling and its impact on Health and Safety issues. School of Agriculture, Food Science and Veterinary Medicine, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland.
- Wisniewska, G.H., and Pankiewicz, T. 1989. Evaluation of the suitability of spent mushroom substrate for tulip cultivation. Prace Instytutu Sadownictwa Kwiaciarnictwa Skerniewicack 14: 7-13.
- Yaghtin, S.H.A., Ardalan, M., and Alikhani, H. 2010. Effect of compost and vermin compost on the growth and attract nutrient in corn. Journal of Water and Soil 1: 35-43.
- Zhou, D.M., Hao, X.Z., Wang, Y.J., Dong, Y.H., and Cang, L. 2005. Copper and Zn uptake by radish and pakchoi as affected by application of livestock and poultry manures. Chemosphere 59: 167-175.



Application of Spent Mushroom Compost and Mycorrhiza on Yield and Yield Components of Garlic (*Allium sativum* L.) in the Low Input Cropping System

P. Rezvani Moghaddam^{1*}, H.R. Ehyae² and M.B. Amiri³

Submitted: 18-09-2012

Accepted: 15-01-2014

Rezvani Moghaddam, P., Ehyae, H.R., and Amiri, M.B. 2017. Application of spent mushroom compost and mycorrhiza on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.) in the low input cropping system. *Agroecology* 9(2): 490-504.

Introduction

In recent years, the effect of exogenous organic amendments on soil properties and plant growth characteristics has received renewed attention. Although the utilization of mineral fertilizers could be viewed as the best solution in terms of plant productivity, this approach is often inefficient in the long-term in tropical ecosystems due to the limited ability of low-activity clay soils to retain nutrients. Intensive use of agrochemicals in agricultural systems is also known to have irreversible effects on soil and water resources. The use of organic and biological fertilizers are important strategies to reduce harmful effects of chemical fertilizers in sustainable management of agroecosystems. Spent mushroom compost is the residual compost waste generated by the mushroom production industry. It is readily available and its formulation generally consists of a combination of wheat straw, dried blood, horse manure and ground chalk, composted together. It is an excellent source of humus, although much of its nitrogen content will have been used up by the composting and growing mushrooms. It remains, however, a good source of general nutrients, as well as a useful soil conditioner. Most mineral soils contain mycorrhizal fungi, but often at levels that are too low for adequate colonization, especially in disturbed soils. Mycorrhizae are host specific and will only colonize certain plants; so in some soils, there are no native mycorrhizae that will benefit these plants. Therefore, most plants would benefit from mycorrhizae addition to the soil. Symbiosis begins when fungal spores germinate and emerging thread like structures, called hyphae, enters the epidermis of plant roots. After colonization of the root, the fungus sends out a vast network of hyphae throughout the soil to form a greatly enhanced absorptive surface area. This results in improved nutrient acquisition and uptake by plant roots, particularly elemental phosphorus, zinc, manganese and copper and water. In return, the plant provides carbohydrates for the fungi.

Materials and Methods

In order to study the effect of mushroom compost and mycorrhiza on yield of garlic (*Allium sativum* L.), a split plot experiment based on RCBD design with three replications was conducted in 2010-2011 growing season in research farm of Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) (use and non-use) and spent mushroom compost levels (SMC) (0, 20, 40, 60, 80, 100 t ha⁻¹) were considered as the main and sub factors. In order to determine the physico-chemical properties of soil, sampling was done at a depth of 0 to 30 cm. Distance on and between rows was considered 10 and 20 cm, respectively. In order to weeds control, manual weeding was done three times. At the end of the growing season, economic yield, biological yield, plant height, shoot dry weight, bulb diameter, bulblet weight per plant, bulblet volume per plant and bulblet number per plant were measured. Analysis of variance was done with SAS Ver 9.1 software.

Results and Discussion

The results showed that the effect of different levels of mushroom compost was significant on the most studied traits, but mycorrhiza had no significant effect on yield and yield components of garlic. Based on the results, highest diameter and length of the bulb and bulblets were observed in application of 100 t ha⁻¹ SMC. The

1, 2 and 3- Professor, PhD student of agronomy and Former PhD student of agroecology, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51541

highest economic yield (12760 kg ha^{-1}) was observed in application of 100 t ha^{-1} SMC, so that the application of SMC increased economic yield by 48 percent compared to control. The highest dry matter production and harvest index also were observed in application of 100 t ha^{-1} SMC. Organic and biological fertilizers are among the most significant resources for development of agricultural soil quality and increase in the yield of different medicinal plants. It has been reported that this ecological inputs provide favorable conditions for plant growth and development through improvement of physical, chemical and biological properties of the soil (Cabrera et al., 2009), therefore, it can be concluded that improvement of the most studied traits in the present study were due to use of organic fertilizers.

Conclusion

In general, the results showed that it seems use of SMC can improve quantitative and qualitative characteristics of garlic, thus it can be considered as a suitable alternative to chemical fertilizers.

Keywords: Bulb, Economic yield, Fertility, Medicinal plants, Sustainable management



عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد عناصر کم-

مصرف و ورمی کمپوست در دو منطقه کرمان و بردسیر

علیرضا کریمی^{1*}، محمدعلی بهدانی²، سید وحید اسلامی² و محمد حسن فتحی³

تاریخ دریافت: 1394/09/02

تاریخ پذیرش: 1394/10/28

کریمی، ع.ر.، بهدانی، م.ع.، اسلامی، س.و.، و فتحی، م.ح. 1396. عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت تأثیر کاربرد عناصر کم مصرف و ورمی کمپوست در دو منطقه کرمان و بردسیر. بوم شناسی کشاورزی، 9(2): 505-519.

چکیده

علی‌رغم اهمیت گیاهان روغنی در توسعه کشور، مطالعات کمتری بر روی تغذیه این گیاهان با عناصر کم مصرف به‌ویژه در مورد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) صورت گرفته است. در این پژوهش، تأثیر کاربرد عناصر کم مصرف و کود ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان در دو شهر کرمان و بردسیر در سال زراعی 1393-94 بررسی شد. عامل اول دو سطح ورمی کمپوست (صفر و شش تن در هکتار) و عامل دوم 12 ترکیب عناصر کم مصرف (بدون کاربرد، گوگرد 100 کیلوگرم در هکتار، گوگرد 200 کیلوگرم در هکتار، روی با غلظت سه میلی‌لیتر در لیتر، بُر با غلظت دو میلی‌لیتر در لیتر، چهار ترکیب دوگانه و دو ترکیب سه‌گانه این سه عنصر) بود. نتایج نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست و عناصر کم مصرف تأثیر مثبت و معنی‌داری بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، علوفه خشک و عملکرد دانه در هر دو مکان داشت. رشد و عملکرد بوته‌های گلرنگ در کرمان به طور معنی‌داری بیشتر از بردسیر بود، که احتمالاً به دلیل شرایط بهتر خاک در کرمان بود. به‌طور میانگین کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست با افزایش حدود 347 و 54 کیلوگرم در هکتار به ترتیب در علوفه خشک و عملکرد دانه همراه بود. از سوی دیگر، بیشترین علوفه خشک و عملکرد دانه از بوته‌های تیمار شده با 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با روی و بُر به ترتیب معادل 2104 و 1433 کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تعداد دانه بیشترین همبستگی را با تولید علوفه و عملکرد داشت. به‌طور کلی، در هر دو مکان، کاربرد ورمی کمپوست و عناصر کم مصرف اثر هم‌افزایی معنی‌داری داشت، به‌طوری‌که بیشترین تولید علوفه و عملکرد دانه در تیمارهای کاربرد ورمی کمپوست همراه با ترکیب سه‌گانه گوگرد، روی و بُر مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: بُر، روی، کود آلی، گوگرد

مقدمه

تولید روغن نباتی عمدتاً شامل پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)، سویا (*Glycine max* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) و کلزا (*Brassica napus* L.) بوده، که یکی از امتیازهای ارزشمند گیاه گلرنگ در کشور ما بومی بودن و سازگاری آن با شرایط اقلیمی است (Azimzadeh, 2015). گلرنگ از اولین گیاهانی است که در خاورمیانه، هند، چین و ژاپن کشت می‌شده است و احتمالاً در هند اهلی گردیده است. علاوه بر تولید روغن، پتانسیل گلرنگ را در تولید علوفه و مخصوصاً کنجاله برای صنعت دامپروری نیز باید مد نظر داشت (Martinez, 2004). علوفه تازه گلرنگ از نظر ارزش غذایی با یک علوفه مرتعی خوب

امنیت غذایی یکی از مهمترین اهداف توسعه‌ای کشورها و از جمله ایران است و از مهمترین جنبه‌های این امنیت تأمین روغن مورد نیاز مردم می‌باشد که وابستگی بالای 90 درصدی آن به واردات، کشور را با چالش جدی در این زمینه مواجه نموده است (Rezvantlab et al., 2008; Taleshi et al., 2012). منابع داخلی

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه زراعت و استاد گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*) نویسنده مسئول: (Email: gogheri22@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.51650

(Banks, 2004).

عناصر پرمصرف نیز می‌تواند از طریق کودهای شیمیایی یا آلی تأمین شود. اگرچه استفاده از مواد آلی برای تولید محصولات زراعی از زمان‌های قدیم مرسوم بوده است، ولی استفاده از ورمی‌کمپوست سابقه یک صدساله دارد (Arancon et al., 2004). ورمی‌کمپوست حاصل فعالیت اکسیداسیون زیستی و تثبیت مواد آلی توسط کرم‌های خاکی می‌باشد، که این کرم‌های خاکی به عنوان یک ماشین مخلوط-کن عمل می‌کنند که باعث تغییر ماهیت و شکل مواد آلی از لحاظ فیزیکی و شیمیایی می‌شوند و به تدریج باعث کاهش نسبت کربن به نیتروژن و افزایش سطح ذرات خاکی می‌شوند که در معرض میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد (Ravindran et al., 2008). طی فرآیند تولید ورمی‌کمپوست عناصر ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم موجود به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند (Atiyeh et al., 2002). نتایج یک مطالعه نشان داد که بالاترین عملکرد دانه و کمترین علف‌هرز در تیمارهای مصرف ورمی‌کمپوست حاصل شد. نگهداری بقایای گندم (*Triticum aestivum* L. همراه با نیتروژن عملکرد دانه را نسبت به شاهد افزایش داد، اما میزان این افزایش کمتر از شرایط مربوط به ورمی-کمپوست و نیتروژن بود (Jalali et al., 2011). در مطالعه دیگری نیز تأثیر مثبت ورمی‌کمپوست را به صورت جداگانه و تلفیق با کودشیمیایی در بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاه سویا گزارش شد (Pirdashti et al., 2010). کاربرد ورمی‌کمپوست میانگین عملکرد رویشی و جذب کل پتاسیم، آهن، روی، منگنز و مس را در اندام هوایی آفتابگردان به طور معنی‌داری نسبت به سطح بدون کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش داد (Heidarianpour et al., 2014). گلرنگ گیاهی روغنی و مقاوم به خشکی و شوری بوده که انعطاف‌پذیری زیادی نسبت به سیستم کاشت (دیم یا آبی) و یا فصل رشد (بهاره یا پاییزه) از خود نشان می‌دهد و از سوی دیگر این گیاه بومی ایران بوده و امکان زراعت آن در بسیاری از مناطق کشور فراهم است، با این وجود، کشت آن در کشور رواج چندانی نداشته است. به نظر می‌رسد مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی و پایین بودن عملکرد دانه گلرنگ یکی از دلایل عمده عدم رواج این گیاه در ایران است. با این وجود، تحقیقات چندانی در مورد نحوه تغذیه آن با کودهای کم‌مصرف یا کودهای آلی انجام نشده است، لذا این تحقیق به منظور بررسی تأثیر مقادیر متفاوت عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر بر

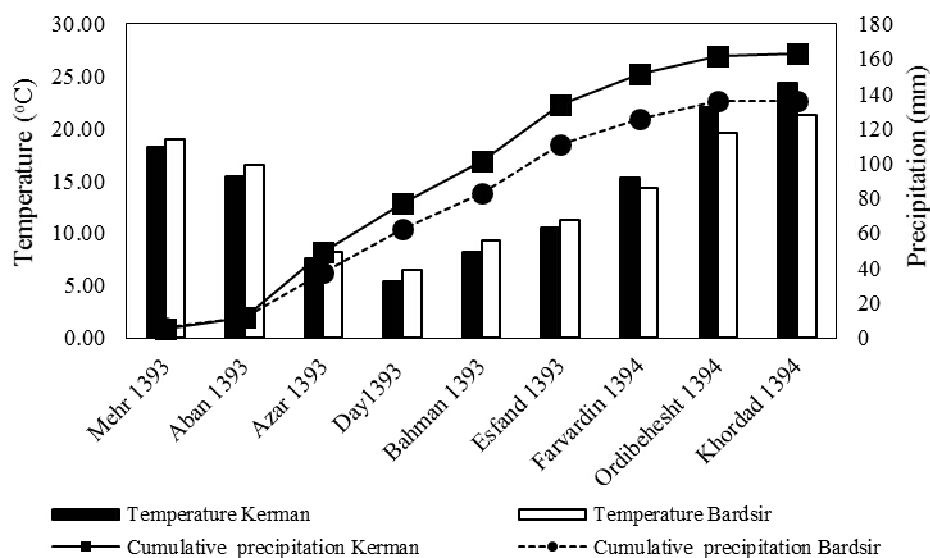
برابری می‌کند و از نظر وزن خشک تفاوت چندانی با یونجه (*Medicago sativa* L.) ندارد (Ravi et al., 2008). این گیاه از 4000 سال قبل به دلیل استفاده از گلچه‌های آن در مصر کشت می‌شده است (Martinez, 2004).

حصول گلرنگ با عملکرد بالا و کیفیت مناسب نیازمند تأمین عناصر غذایی کم و پرمصرف است. از مهمترین عناصر کم‌مصرف می‌توان به گوگرد، روی و بُر اشاره کرد که برای رشد گیاهان ضروری است. گوگرد به‌طور عمده در ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی نقش دارد (Altaf et al., 2000) و جزء تشکیل‌دهنده پروتئین در گیاه است که مهمترین عمل آن شرکت در تولید اسیدهای آمینه و به دنبال آن سنتز پروتئین است (Chaubey et al., 2000). روی به‌عنوان یک عنصر مهم کم‌مصرف در فعالیت‌های مختلف بیوشیمیایی سلول‌های گیاهی نقش غیرقابل انکاری دارد، به‌طوری‌که هر عامل ثانویه‌ای که موجب غیر قابل دسترس شدن این عنصر برای گیاه شود، علایم ناشی از کمبود را به شکل‌های مختلف از قبیل کاهش رشد، عملکرد و غلظت این عنصر در اندام‌های مختلف از جمله دانه نمایان می‌سازد (Heidarian et al., 2011). همچنین بُر برای رشد طبیعی گیاه ضروری بوده و کمبود آن سبب توقف رشد و کاهش عملکرد می‌شود (Sarker et al., 2002). در خاک‌های مناطق خشک به دلیل کاهش تحرک بُر به وسیله جریان توده‌ای و پلیمر شدن اسید بوریک کمبود آن مطرح می‌باشد، از طرفی در این نوع خاک‌ها بالا بودن میزان یون کلسیم نیز جذب بُر را کاهش می‌دهد (Galavi et al., 2012). در یک پژوهش نشان داده شد که همه صفات مرتبط با عملکرد از قبیل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه، تعداد غلاف، طول غلاف، تعداد دانه و وزن صد دانه گیاهان مورد آزمایش به طور معنی‌داری با تغییر سطوح گوگرد تغییر کردند و با افزایش مقدار مصرف گوگرد عملکرد نیز افزایش یافت و در همه موارد تیمار شاهد کمترین میزان صفات را دارا بود (Sarker et al., 2002). در این پژوهش مشخص شد که اثر متقابل گوگرد و بُر باعث افزایش عملکرد دانه شد و عملکرد کاه سویا در اثر مصرف گوگرد افزایش پیدا کرد که این موضوع به علت اثر افزایشی گوگرد بر روی رشد اندام‌های هوایی می‌باشد. در بررسی اثر بُر و روی بر عملکرد بیشترین تعداد دانه در طبق از تیمار روی به‌دست آمد و بعد از آن ترکیب روی و بُر بیشترین تعداد دانه در طبق را تولید کرد، روی همچنین موجب افزایش تعداد دانه در کپسول در این گیاه شد

عملکرد، اجزای عملکرد و تولید علوفه گلرنگ طراحی گردید.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر در طی یک سال زراعی در دو مکان شامل ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان (50' و 59' شرقی و 33' و 32' شمالی) و مزارع بخش خصوصی شهرستان بردسیر (46' و 78' شرقی و 33' و 07' شمالی) در طی سال زراعی 1393-94 انجام گردید. ویژگی های هواشناسی در شکل 1 و ویژگی های خاک در جدول 1 ارائه شده است. این پژوهش در هر



شکل 1- دما و مقدار تجمعی بارش در طول فصل رشد در دو بردسیر و کرمان

Fig. 1- Temperature and cumulative quantity of precipitation during the growing seasons for Bardsir and Kerman

قسمت در میلیون مس بود. گوگرد به صورت کود آلی گوگرد گرانوله Zink750, Rosier S.A. (رومی) 45 درصد بود. محلول های رومی (Belgium) و بُر (Borfol150, IMG, Alliance, US) استفاده شده به ترتیب دارای 35 و 22 درصد خلوص بودند.

بر اساس آزمون خاک، مقادیر 300 و 160 کیلوگرم در هکتار به ترتیب اوره (نیتروژن) و سوپر فسفات تریپل (فسفر) به خاک اضافه شد. کل کود فسفر و یک سوم کود نیتروژن در زمان پیش از کاشت و مابقی کود نیتروژن در زمان ظهور اولین طبق ها به خاک اضافه شد. پیش از کاشت کرت های به طول شش متر و عرض چهار متر تهیه گردید. فاصله بین کرت ها 0/5 متر و فاصله بین بلوک ها دو متر در

کشت قبلی در هر دو مکان گندم پاییزه آبی بود. عملیات آماده سازی زمین شامل شخم رایج با گاو آهن برگردان دار به عمق خاک زراعی، دو بار دیسک عمود برهم و تسطیح بود. پس از عملیات آماده سازی زمین، نسبت به نمونه برداری از خاک مزرعه اقدام و نمونه ها جهت تعیین میزان عناصر پرمصرف، کم مصرف، تعیین بافت خاک، اسیدیته و درصد ماده آلی به آزمایشگاه خاکشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمان ارسال گردید و نتایج در جدول 1 آمده است. ورمی کمپوست مورد استفاده دارای 39/1 درصد ماده آلی، 2/4 درصد نیتروژن کل، 1/2 درصد فسفر، 2/5 درصد کلسیم محلول، 42 قسمت در میلیون آهن، 43 قسمت در میلیون روی و 17

نظر گرفته شد.

جدول 1- نتایج آزمون خاک از عمق صفر تا 60 سانتی متری در دو منطقه مورد مطالعه

Table 1- The results of soil analysis at three 0-30, 30-60 and 60-90 cm depth in two evaluated regions

نیتروژن (درصد) N (%)	بافت Texture	ماده آلی خاک (درصد) OM (%)	رطوبت اشباع (درصد) SM (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)
0.043	رسی سیلتی Silty clay	0.33	42.4	7.8	3.6
0.039	رسی سیلتی Silty clay	0.28	44.1	8.1	4.1
منگنز (میلی گرم در کیلوگرم) Mn (mg.kg ⁻¹)	بور (میلی گرم در کیلوگرم) B (mg.kg ⁻¹)	روی (میلی گرم در کیلوگرم) Zn (mg.kg ⁻¹)	گوگرد (میلی گرم در کیلوگرم) S (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (mg.kg ⁻¹)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (mg.kg ⁻¹)
10.1	0.42	0.67	6.57	190.1	7.5
9.2	0.30	0.51	4.32	179.0	6.1

EC: هدایت الکتریکی، SM: رطوبت اشباع، OM: ماده آلی، N: نیتروژن، P: فسفر، K: پتاسیم، S: گوگرد، Zn: روی، B: بور و Mn: منگنز

EC: Electrical conductivity, SM: Saturated moisture, OM: Organic matter; N: Nitrogen, P: Phosphorous, K: Potassium, S: Sulphur, Zn: Zink, B: Boron and Mn: Manganese

فشار ثابت در ساعات ابتدایی روز در هوای کاملاً ساکن صورت گرفت. صفات اندازه‌گیری شده شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه، علوفه خشک و عملکرد دانه بود. برای اندازه‌گیری علوفه خشک از سه ردیف هر کرت در اوایل گلدهی نمونه‌گیری انجام شد و پس از آن نمونه‌ها به مدت 48 ساعت در آون با دمای 70 ± 5 درجه سانتی‌گراد نگهداری شد و سپس توزین گردید. برداشت نهایی، پس از رسیدن کامل بوته‌ها زمانی که شاخ و برگ گیاه زرد شد و دانه‌ها به مرحله رسیدگی کامل رسیدند، با رعایت اثر حاشیه‌ای از هر طرف صورت گرفت. تعداد شاخه فرعی و تعداد طبق برای هر بوته و تعداد دانه در هر طبق به وسیله شمارش ده نمونه و میانگین‌گیری تعیین شد. وزن هزار دانه از توزین چهار نمونه صدتایی بذر و عملکرد دانه بوته‌های برداشت شده یک مترمربع مشخص گردید. پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها، تجزیه واریانس به صورت تجزیه مرکب دو مکان انجام گردید. میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD^1) در سطح احتمال یک درصد مقایسه شدند. تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و رگرسیون گام به گام با استفاده از نرم افزار SAS ver. 9.1.3 انجام

در هر کرت هشت ردیف با فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر و روی ردیف 10 سانتی‌متر کاشت صورت گرفت. کل مساحت زمین برای اجرای آزمایش 2500 مترمربع بود. رقم مورد استفاده برای کشت رقم پاییزه پدیده بود. کاشت در هر دو مکان در نیمه مهرماه صورت گرفت. به منظور داشتن سطح سبز مناسب، بذرها به صورت کپه‌ای (سه بذر در هر کپه) کشت گردیدند که در مرحله دو تا چهار برگی عمل تنک‌کردن صورت گرفت. در طول دوره آزمایش عملیات و مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری مطابق با عرف منطقه و مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی انجام شد. اولین آبیاری (خاک-آب) پس از کاشت و پس از آن به فاصله هر هفت روز یک‌بار در حد ظرفیت مزرعه و با در نظر گرفتن میزان بارش‌های زمستانه صورت گرفت.

تیمار شش تن ورمی کمپوست در هکتار پیش از کشت، با محاسبه مقدار مورد نیاز برای هر کرت، به هر کرت اضافه گردید. تیمارهای 100 و 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد نیز به صورت پودر گوگرد قبل از کشت مصرف شدند. تیمارهای روی و بور به صورت محلول‌پاشی به کار برده شدند. محلول‌پاشی این دو عنصر کم‌مصرف در دو نوبت، یکی در مرحله قبل از گلدهی و دیگری در مرحله گرده‌افشانی اعمال شد. محلول‌پاشی به مقدار 600 لیتر در هکتار و با سم‌پاش موتوری با

1- Least significant difference

گردید. نمودارها نیز با نرم افزار Excel 2013 ترسیم شدند.

نتایج و بحث

تعداد ساقه فرعی تنها تحت تأثیر معنی دار سال قرار گرفت، ولی سایر تیمارها تأثیری معنی دار بر تعداد ساقه فرعی نداشت (جدول 2). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها همچنین نشان داد که اثر مکان، ورمی کمپوست و کود کم مصرف بر صفات تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه معنی دار بود (جدول 2). اجزای عملکرد شامل تعداد ساقه فرعی، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه در گلرنگ‌های کرمان به طور معنی دار بیشتر از گلرنگ - های بردسیر بود (جدول 3). این صفات به طور میانگین 23/6، 9/6، 5/2 و 14/1 درصد در کرمان بیشتر از بردسیر بود. همان طور که در مورد علوفه تر و خشک و همچنین ارتفاع بوته و ارتفاع تا اولین ساقه فرعی بیان شد، خاک منطقه کرمان دارای سطوح بالاتری از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بود و بنابراین، گیاه در این خاک دارای رشد و عملکرد بالاتری بود.

کاربرد ورمی کمپوست به مقدار شش تن در هکتار موجب افزایش معنی دار تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه شد،

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تأثیر ورمی کمپوست، کود کم مصرف و برهمکنش آن‌ها

Table 2- The results of analysis of variance (Mean of Squares) for safflower yield and yield components under affected by vermicompost, micronutrient fertilizer and their interaction

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد ساقه فرعی Branches number	تعداد طبق در بوته Heads number per plant	تعداد دانه در طبق Seeds number per head	وزن هزار دانه 1000-seed weight	علوفه خشک Dry forage	عملکرد دانه Seed yield
مکان Place (P)	1	162.56*	309.17**	258.67*	142695.06**	3.19**	463.90**
بلوک در مکان Block×place	4	3.43	69.28	65.11	30048.29	0.06	33.81
ورمی کمپوست Vermicompost (C)	1	21.01 ^{ns}	473.06**	564.06**	104706.17**	4.35**	141.49**
کود کم مصرف Micronutrient (F)	11	4.87 ^{ns}	152.28**	187.61**	191107.46**	0.86**	39.81*
C×F	11	5.95 ^{ns}	3.43 ^{ns}	5.96 ^{ns}	994.69 ^{ns}	0.16 ^{ns}	43.09*
P×C	1	4.34 ^{ns}	10.56 ^{ns}	19.51 ^{ns}	3296.67 ^{ns}	1.90**	16.91 ^{ns}
P×F	11	2.41 ^{ns}	10.08 ^{ns}	3.48 ^{ns}	1820.49 ^{ns}	0.02 ^{ns}	10.81 ^{ns}
P×C×F	11	1.70 ^{ns}	3.05 ^{ns}	1.37 ^{ns}	764.43 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.70 ^{ns}
Error خطا	92	8.42	36.57	53.36	14461.02	0.09	8.29
ضریب تغییرات (%) CV (%)		28.79	18.73	13.80	9.51	17.80	10.52

^{ns}: غیرمعنی دار، * و ** معنی دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد

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

ولی تأثیر معنی داری بر تعداد ساقه در بوته نداشت (جدول 3). کاربرد ورمی کمپوست با افزایش 11/9، 7/8 و 7/6 درصدی در تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همراه بود. ورمی کمپوست بر طیف وسیعی از فرآورده‌های گیاه تأثیر مثبت دارد و از آن طریق موجب افزایش رشد می‌گردد. به عنوان مثال، ورمی کمپوست باعث تحریک جوانه‌زنی در گیاهان می‌شود (Cavender et al., 2003). ورمی - کمپوست همچنین دارای اثر مثبت بر رشد رویشی، تحریک ساقه و توسعه ریشه می‌باشد. این اثرات شامل تغییرات در مورفولوژی مانند افزایش سطح برگ و منشعب شدن ریشه نیز می‌باشد (Gupta & Samnotra, 2004). ورمی کمپوست همچنین گلدهی گیاه، تعداد گل و انتقال مواد پرورده به سمت دانه را تحریک می‌کند (Arancon et al., 2004). در هر دو مکان کرمان و بردسیر تعداد طبق در بوته بیشتر از سایر اجزای عملکرد تحت تأثیر ورمی کمپوست قرار گرفت. این صفت در کرمان به میزان 13/1 و در بردسیر به میزان 10/6 درصد تحت تأثیر ورمی کمپوست افزایش یافت.

جدول 3- تأثیر مکان و ورمی کمپوست بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ

Table 3- effect of place and vermicompost on yield and yield components of safflower

مکان Place	تعداد ساقه فرعی Branches number per plant	تعداد طبق در بوته Heads number per plant	تعداد دانه در طبق Seeds number per head	هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)	علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) Dry forage (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha ⁻¹)
کرمان Kerman	11.14 ^a	33.75 ^a	54.26 ^a	29.16 ^a	1819.80 ^a	1295.46 ^a
بردسیر Bardsir	9.01 ^b	30.81 ^a	51.58 ^b	25.57 ^b	1522.22 ^b	1232.50 ^b
ورمی کمپوست Vermicompost						
6 تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹	10.45 ^a	34.10 ^a	54.90 ^a	28.36 ^a	1844.86 ^a	1290.94 ^a
بدون ورمی کمپوست No use	9.69 ^a	30.47 ^b	50.94 ^b	26.37 ^b	1497.22 ^b	1237.01 ^b

*میانگین های با حروف مشابه برای هر اثر در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.

*Means with similar letter for each main effect in each column were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

ترتیب 30/7، 25/9 و 26/5 درصد دانه بیشتری در طبق داشتند. از سوی دیگر، وزن هزار دانه از تفاوت کمتری در بین ترکیب کودهای کم مصرف برخوردار بود، و به طور کلی ترکیب های کاربرد توأم دو یا سه عنصر کم مصرف وزن هزار دانه بیشتری داشتند (شکل 4). گوگرد، روی و بُر به عنوان مهمترین عناصر کم مصرف، نقش مهمی در فرآیندهای زایشی دارند و موجب افزایش تعداد کل گل ها و همچنین افزایش دانه های بارور می شود (Galavi et al., 2012). همچنین عناصر کم مصرف به دلیل نقش تقویت کننده فعالیت های آنزیمی، منجر به افزایش فعالیت های فتوسنتزی می شوند که باعث انتقال بیشتر مواد پرورده به دانه و افزایش وزن دانه می شوند (Heidarian et al., 2011).

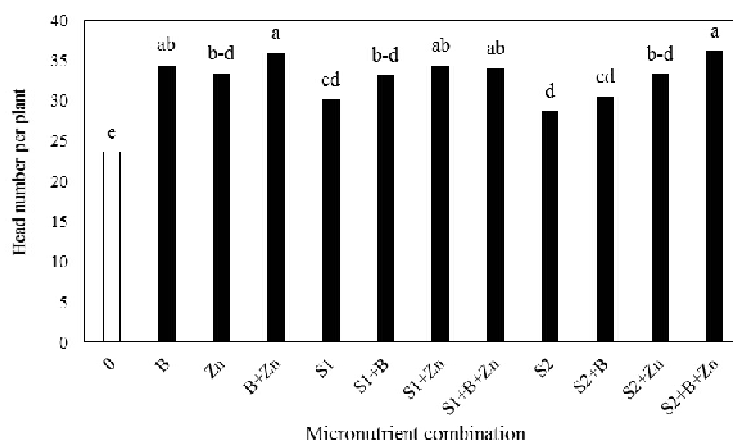
نتایج تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثرات اصلی مکان، ورمی کمپوست و کود کم مصرف و برهمکنش دوگانه مکان در ورمی کمپوست بر علوفه خشک گلرنگ معنی دار بود. میزان تولید علوفه خشک به طور معنی داری در کرمان بیشتر از بردسیر بود (جدول 3)، چنانچه گلرنگ های رشد یافته در کرمان به طور میانگین به میزان 19 درصد علوفه خشک بیشتری نسبت به بوته های گلرنگ رشد یافته در بردسیر بودند. این موضوع می تواند به دلیل وضعیت بهتر خاک و

عظیم زاده (Azimzadeh, 2013) گزارش کرد که اجزای عملکرد گلرنگ شامل تعداد طبق، تعداد دانه و وزن هزار دانه در تیمارهای با هفت تن در هکتار ورمی کمپوست بیشترین بود. همین صفات گیاه گلرنگ در مطالعه تالشی و همکاران (Taleshi et al., 2012) در سطح شش تن در هکتار ورمی کمپوست و در مطالعه مهرآفرید و همکاران (Mehrafrid et al., 2015) در سطح پنج تن در هکتار ورمی کمپوست و به بیشینه خود رسید.

کم مصرف گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبت و معنی داری بر اجزای عملکرد داشتند (شکل های 2 تا 4)، چنانچه که به طور میانگین کمترین تعداد طبق در بوته (23/6 عدد)، تعداد دانه در طبق (45 عدد) و وزن هزار دانه (24/4 گرم) مربوط به تیمار بدون مصرف عناصر کم مصرف مشاهده شد. بیشترین تعداد طبق در بوته (36/2 عدد) از تیمار کاربرد توأم 200 گرم در هکتار گوگرد همراه با روی و بُر و تیمار کاربرد توأم روی و بُر به دست آمد (شکل 2) که به ترتیب به میزان 53/4 و 52/3 درصد بیشتر از تیمار بدون مصرف عناصر کم مصرف بود. همچنین، تیمارهای کاربرد توأم 100 یا 200 گرم در هکتار گوگرد همراه با روی و بُر و همچنین تیمار کاربرد توأم روی و بُر دارای بیشترین تعداد دانه در طبق بودند (شکل 3). این سه تیمار به

خشک گلرنگ داشت، به طوری که تولید علوفه خشک از 1/5 کیلوگرم در مترمربع در شرایط بدون کاربرد ورمی کمپوست به 1/8 کیلوگرم در مترمربع در شرایط کاربرد شش تن ورمی کمپوست در هکتار رسید (جدول 3).

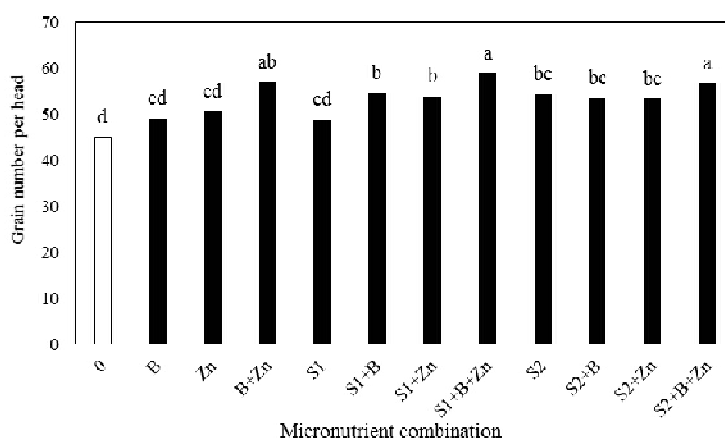
شرایط آب و هوایی در منطقه کرمان باشد، به طوری که خاک مزرعه در کرمان دارای ماده آلی، نیتروژن، فسفر و پتاسیم بیشتری نسبت به خاک مزرعه در بردسیر بود (جدول 1). مقدار بارش تجمعی نیز در کرمان در سال آزمایش بیشتر از بردسیر بود (شکل 1). اعمال ورمی کمپوست تأثیر مثبت و معنی داری بر تولید علوفه



شکل 2- تأثیر ترکیب‌های متفاوت کود کم‌مصرف بر تعداد طبق در بوته گلرنگ

Fig. 2- Effect of different micronutrient combinations on heads number in safflower plants

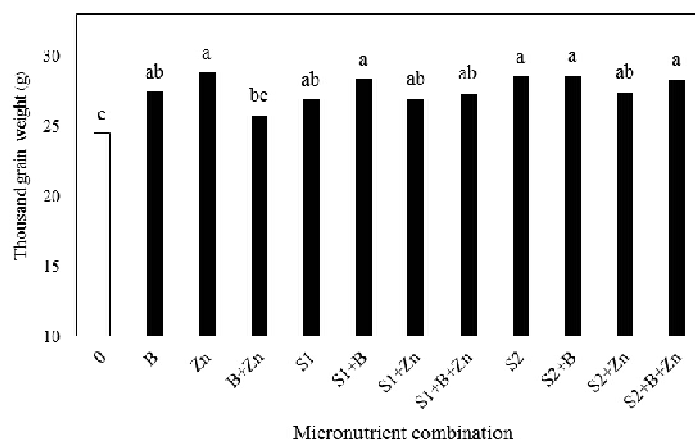
0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی‌لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.



شکل 3- تأثیر ترکیب‌های متفاوت کود کم‌مصرف بر تعداد دانه در طبق گلرنگ

Fig. 3- Effect of different micronutrient combinations on seeds number in head of safflower

0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی‌لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.



شکل 4- تأثیر ترکیب های متفاوت کود کم مصرف بر وزن هزار دانه گلرنگ

Fig. 4- Effect of different micronutrient combinations on 1000-seed weight in safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی دار ندارند.
0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

تیمارهای ترکیبی کودهای کم مصرف مشاهده شد، به طوری که کمترین علوفه خشک در تیمار بدون کاربرد کود کم مصرف به دست آمد. این روند در کرمان و بردسیر به همین صورت بود (جدول 4). تیمار کاربرد 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی (2/10 کیلوگرم در مترمربع)، تیمار 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه بُر و روی (2/09 کیلوگرم در مترمربع) و تیمار بُر و روی (1/89 کیلوگرم در مترمربع) دارای بیشترین علوفه خشک بودند (شکل 5). موحدی (Movahhedy, 2009) ابراز داشتند که در شرایط کمبود عناصر کم مصرف، محلول پاشی آن ها باعث افزایش رشد و تولید گلرنگ شده است. بر اساس آزمون خاک، در هر دو مکان مقادیر اولیه عناصر کم مصرف گوگرد، روی و بُر کمتر از حد بحرانی آن ها بوده است (جدول 1)، لذا کاربرد آن ها می تواند با رفع کمبود این عناصر موجب تحریک رشد شود. تأثیر مثبت گوگرد (Ravi et al., 2008; Sarker et al., 2002; Galavi et al., 2012)، بُر (Galavi et al., 2012) و روی (Singh & Mannj, 2007) در آزمایشات پیشین نشان داده شده است.

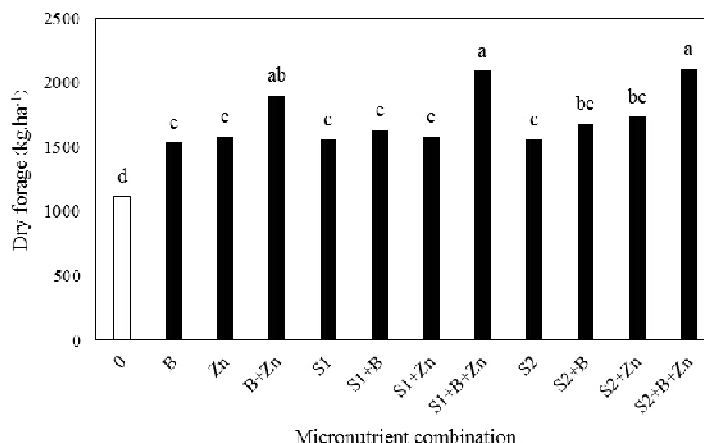
به طور کلی، در هر دو مکان کرمان و بردسیر، برهمکنش ورمی-کمپوست و کود کم مصرف مثبت بود، چنانچه بیشترین علوفه خشک در شرایطی به دست آمد که شش تن ورمی کمپوست در هکتار به همراه ترکیب چندگانه عناصر گوگرد، روی و بر به دست آمد (جدول

بنابراین، به طور میانگین کاربرد شش تن ورمی کمپوست در هکتار با افزایش 23/2 درصدی علوفه خشک همراه بود. ورمی-کمپوست ها حاوی مواد بیولوژیک فعالی هستند که همانند مواد تنظیم کننده رشد عمل کرده و اضافه کردن آن ها به خاک، باعث افزایش حفره های موجود در خاک شده و افزایش گردش هوای مورد نیاز برای رشد گیاهان و میکروارگانیسم را به دنبال دارد (Arancon et al., 2003; Cavender et al., 2004). خود ورمی کمپوست ها نیز از خلل و فرج زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زهکشی مناسب و ظرفیت نگهداری آب بالایی برخوردار هستند (Pirasteh-Anosheh et al., 2010; Pirdashti et al., 2010). لذا، با توجه به بافت خاک هر دو مکان (جدول 1) و وجود مشکل نسبی در تهویه خاک، کاربرد این مواد در خاک منجر به افزایش توان گیاه گلرنگ برای تولید علوفه می گردد. در مطالعه عظیم زاده (Azimzadeh, 2015) تأثیر چهار سطح صفر، 4، 7 و 11 تن ورمی کمپوست در هکتار بر رشد و عملکرد گلرنگ بررسی شد و مشخص گردید که بیشترین اثر مربوط به سطح هفت تن ورمی کمپوست در هکتار بود. تالشی و همکاران (Taleshi et al., 2012) نیز با مطالعه تأثیر چهار سطح صفر، 2، 4 و 6 تن ورمی کمپوست، بیشترین تولید گلرنگ را از تیمار شش تن در هکتار به دست آوردند.

تفاوت معنی داری بین تولید علوفه خشک (شکل 5) در میان

و کلسیم موجود به شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند (Atiyeh et al., 2002). بنابراین، کاربرد ورمی‌کمپوست و محلول‌پاشی عناصر گوگرد، روی و بُر سبب تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف گیاه گلرنگ شده و تولید گیاه را به پتانسیل خود نزدیک می‌سازد.

4). در پژوهش‌های پیشین نیز کاربرد توأم عناصر کم‌مصرف مانند گوگرد و بُر (Sarker et al., 2002)، روی و بُر (Banks, 2007)، گوگرد و روی (Singh & Mannj, 2007) بررسی شد و تأثیر مثبت برهمکنش آن‌ها نشان داده شده است. از سوی دیگر، در ورمی-کمپوست عناصر ضروری پرمصرف گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم



شکل 5- تأثیر ترکیب‌های متفاوت کود کم‌مصرف بر علوفه خشک گلرنگ

Fig. 5- Effect of different micronutrient combinations on dry forage of safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی‌لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد. ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

جدول 4- تأثیر سطوح ورمی‌کمپوست و ترکیب کود کم‌مصرف بر علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) گلرنگ در بردسیر و کرمان

Table 4- Effect of vermicompost and micronutrient combination on dry forage (kg.ha⁻¹) of safflower in Bardsir and Kerman

کود کم‌مصرف Micronutrient	کرمان Kerman				بردسیر Bardsir			
	6 تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹		بدون ورمی‌کمپوست No use		6 تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹		بدون ورمی‌کمپوست No use	
	±SE	Mean	±SE	Mean	±SE	Mean	±SE	Mean
0	±15.3	1833	±14.4	620	±16.4	1270	±7.8	737
B	±27.2	2087	±17.4	1293	±5.9	1487	±21.2	1267
Zn	±11.1	1923	±12.7	1477	±13.4	1540	±11.4	1377
B+Zn	±16.3	2227	±28.0	2053	±13.7	1633	±21.6	1667
S ₁	±40.0	2027	±49.2	1.393	±14.6	1457	±18.2	1350
S ₁ +B	±31.2	2100	±22.2	1440	±23.9	1530	±17.7	1450
S ₁ +Zn	±12.5	2047	±18.8	1490	±25.9	1543	±18.3	1233
S ₁ +B+Zn	±29.7	2340	±39.3	2143	±16.2	1863	±9.2	2017
S ₂	±17.1	2083	±40.6	1297	±37.1	1517	±9.6	1333
S ₂ +B	±15.1	2050	±21.2	1527	±33.1	1640	±13.6	1500
S ₂ +Zn	±57.9	2170	±59.2	1503	±12.5	1620	±14.7	1640
S ₂ +B+Zn	±14.0	2417	±56.3	2137	±23.2	1873	±19.8	1990

میانگین‌های با دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی‌دار ندارند.

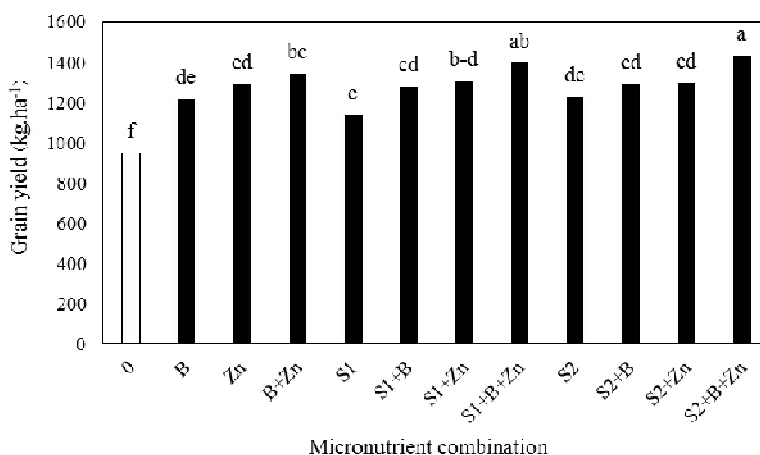
The means with similar overlap range were not significantly differed based on standard error (±SE).

0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی‌لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد.
0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur.

گیاه مانند فتوستنتز، می‌تواند اصلاح ویژگی‌های فیزیکی خاک و قابلیت دسترسی بهتر گیاه به آب و عناصر غذایی و همچنین سهولت جذب عناصر می‌باشد (Mallanagouda, 1995).

محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبت و معنی‌داری داشت، به طوری که کمترین عملکرد دانه از تیمار بدون مصرف کود کم‌مصرف به دست آمد (شکل 6). بیشترین عملکرد دانه نیز از تیمارهای محلول‌پاشی 100 و 200 گرم گوگرد در هکتار همراه با روی و بُر مشاهده شد، که به ترتیب به میزان 47/0 و 50/9 درصد بیشتر از تیمار شاهد بدون محلول‌پاشی بود. همان‌طور که در پژوهش جاری مشخص شد محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر با افزایش تعداد طبق در بوته (شکل 2)، تعداد دانه در طبق (شکل 3) و وزن هزار دانه (شکل 4) همراه بود، بنابراین، با افزایش اجزای عملکرد تحت تأثیر این عناصر، عملکرد دانه نیز بالا می‌رود (شکل 6). در هر دو مکان کرمان و بردسیر و در هر دو شرایط با و بدون کاربرد ورمی کمپوست کمترین و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب از تیمارهای بدون کاربرد عناصر کم‌مصرف و محلول‌پاشی ترکیبی هر سه عنصر گوگرد، روی و بُر مشاهده شد (جدول 5).

عملکرد دانه تحت تأثیر معنی‌دار مکان، ورمی کمپوست، کود کم-مصرف و برهمکنش ورمی کمپوست و کود کم‌مصرف قرار گرفت (جدول 2). عملکرد دانه در منطقه کرمان به میزان 5/1 درصد بیشتر از منطقه بردسیر بود (جدول 3). همچنین کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست با افزایش معنی‌دار عملکرد دانه همراه بود که به طور میانگین عملکرد دانه در کرت‌های تحت تیمار ورمی کمپوست، 50 کیلوگرم در هکتار بیشتر از کرت‌های بدون ورمی کمپوست بود (جدول 3). ورمی کمپوست نیز دارای آنزیم‌ها و هورمون‌هایی است که نقش آن در افزایش عملکرد محصولات مختلف گلرنگ (Taleshi et al., 2012; Azimzadeh, 2013; Naderi & Bijanzadeh, 2014; Azimzadeh, 2015; Mehrafrid et al., 2015) آفتابگردان (Pirasteh-Anosheh et al., 2010; Heidarianpour et al., 2014) ذرت (*Zea mays* L.)، کنجد (*Sesamum indicum* L.) (Jalali et al., 2011; Anwar et al., 2005; Rezvani-Moghaddam et al., 2010) و سویا (Pirdashti et al., 2010) مشخص شده است. نادری و بیجانزاده (2014) نشان دادند که کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش عملکرد دانه هر دو رقم گلدشت و پدیده گلرنگ گردید. دلیل افزایش عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر ورمی کمپوست، علاوه بر اثرات ورمی کمپوست بر فرایندهای داخلی



شکل 6- تأثیر ترکیب‌های متفاوت کود کم‌مصرف بر عملکرد دانه گلرنگ

Fig. 6- Effect of different micronutrient combinations on seed yield of safflower plants

0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی‌لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی‌لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد.

ستون‌های با حروف یکسان بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur. The column with similar letter were not significantly differed based on LSD at 1% probability level.

جدول 5- تأثیر سطوح ورمی کمپوست و ترکیب کود کم مصرف بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) گلرنگ در بردسیر و کرمان
Table 5- Effect of vermicompost and micronutrient combination on seed yield (kg.ha⁻¹) of safflower in Bardsir and Kerman

کود کم مصرف Micronutrient	کرمان Kerman				بردسیر Bardsir			
	6 تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹		بدون ورمی کمپوست No use		6 تن در هکتار 6 t.ha ⁻¹		بدون ورمی کمپوست No use	
0	1015.0	±42.1	1004.3	±85.8	906.7	±10.9	871.0	±27.7
B	1252.0	±38.0	1215.0	±43.0	1211.7	±14.0	1193.3	±25.7
Zn	1335.0	±40.6	1323.3	±39.7	1297.0	±52.6	1203.3	±42.0
B+Zn	1406.7	±32.5	1356.0	±51.0	1340.7	±55.8	1273.3	±39.1
S ₁	1195.0	±45.8	1153.7	±43.7	1130.7	±21.1	1070.3	±37.2
S ₁ +B	1323.3	±46.6	1305.0	±33.0	1280.7	±48.0	1217.0	±16.0
S ₁ +Zn	1370.0	±40.6	1288.3	±41.8	1321.7	±26.8	1246.7	±31.4
S ₁ +B+Zn	1463.3	±36.7	1397.3	±49.6	1406.0	±21.9	1316.7	±33.8
S ₂	1290.0	±44.4	1212.0	±35.2	1237.7	±43.5	1170.3	±13.7
S ₂ +B	1340.0	±23.2	1298.3	±37.9	1282.3	±17.9	1239.0	±32.1
S ₂ +Zn	1326.7	±25.7	1293.3	±42.0	1330.7	±42.4	1231.3	±28.9
S ₂ +B+Zn	1495.0	±37.6	1433.0	±51.5	1425.3	±35.7	1376.7	±22.3

میانگین های با دامنه همپوشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد (±SE) تفاوت معنی دار ندارند.

The means with similar overlap range were not significantly differed based on standard error (±SE).

0: بدون کود، B: مصرف 2 میلی لیتر در لیتر بُر، Zn: مصرف 3 میلی لیتر در لیتر روی، S₁: مصرف 100 کیلوگرم در هکتار گوگرد و S₂: مصرف 200 کیلوگرم در هکتار گوگرد.

0: No micronutrient, B: 2 ml.L⁻¹ Boron, Zn: ml.L⁻¹ zinc, S₁: 100 kg.ha⁻¹ sulphur, S₂: 200 kg.ha⁻¹ sulphur.

به طور کلی، بوته های تیمار شده با کاربرد شش تن در هکتار ورمی کمپوست با محلول پاشی توأم 200 گرم گوگرد همراه با روی و بُر در منطقه کرمان (1495 کیلوگرم در هکتار) دارای بیشترین عملکرد دانه بود. مصرف کودهای کم مصرف از فاکتورهای عمده مؤثر بر عملکرد دانه گیاهان روغنی می باشد و از این رو است که متخصصان مصرف کودهای کم مصرف به ویژه گوگرد همراه با کودهای پایه نیتروژن، فسفر و پتاسیم را برای گیاهان روغنی توصیه می کنند (Altat et al., 2000).

جدول 6- همبستگی اجزای عملکرد با علوفه خشک و عملکرد دانه گلرنگ
Table 6- Correlation of yield components with dry forage and seed yield of safflower

	تعداد ساقه فرعی در بوته Branches number per plant	تعداد طبق در بوته Heads number per plant	تعداد دانه در طبق Grain number per head	هزار دانه 1000-seed weight	علوفه خشک Dry forage
علوفه خشک Dry forage	0.518 ^{ns}	0.775 ^{**}	0.889 ^{**}	0.378 ^{ns}	1.000
عملکرد دانه Seed yield	0.516 ^{ns}	0.877 ^{**}	0.897 ^{**}	0.674 [*]	0.768 [*]

ns: غیر معنی دار، * و ** معنی دار به ترتیب در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

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

در پژوهش های پیشین نیز گزارشات متعددی وجود دارد که عناصر کم مصرف گوگرد، روی و بر با بهبود اجزای عملکرد موجب

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در دو مکان کرمان و بردسیر نشان داد که علی‌رغم تفاوت در وضعیت تغذیه‌ای خاک این دو مکان، کاربرد ورمی‌کمپوست و عناصر کم‌مصرف گوگرد، روی و بُر تأثیر مثبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و علوفه خشک گلرنگ داشت. در میان اجزای عملکرد، تعداد دانه در طبق بیشترین همبستگی مثبت را با تولید علوفه خشک و عملکرد دانه داشت. به‌طور کلی، کاربرد توأم ورمی‌کمپوست و ترکیب سه گانه گوگرد (100 کیلوگرم در هکتار) در هنگام کاشت به‌صورت خاک مصرف، و محلول‌پاشی روی و بُر (به ترتیب با غلظت‌های 3 و 2 میلی‌لیتر در لیتر) با ایجاد برهمکنش مثبت، موجب افزایش بیشتر عملکرد علوفه و دانه شده و در صورت تأیید در مطالعات بلند مدت جهت استفاده در هر دو منطقه کرمان و بردسیر قابل توصیه است.

افزایش عملکرد گیاهان روغنی مانند گلرنگ (Ravi et al., 2008; Movahhedy et al., 2009; Galavi et al., 2012; Noorabadi & Ghafari, 2010)، بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.) (Chaubey et al., 2000; Singh & Mannj, 2007)، کلزا (Altat et al., 2000; Martinez, 2004)، سویا (Sarker et al., 2002; Banks, 2004; Heidarian et al., 2011) می‌گردد. تولید علوفه خشک با تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول 6). همچنین عملکرد دانه به‌طور مثبت و معنی‌دار با تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه همبسته بود. بیشترین همبستگی با علوفه خشک و عملکرد دانه مربوط به تعداد دانه در طبق بود.

منابع

- Altat, A., Khan, I., and Abedin, Z. 2000. Effect of sulfur fertilization on oil accumulation, acetyl-CoA concentration and acetyl-CoA carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). Australian Journal Agricultural 51: 1023-1029.
- 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.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresources Technology 93: 145-153.
- Atiyeh, R.M., Arancon, N.Q., Edwards, C.A., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresources Technology 84: 7-14.
- Azimzadeh, S.M. 2013. Study on replacement probability of composted organic manure with chemical fertilizer in Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) organic farming. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 19: 1304-1311.
- Azimzadeh, S.M. 2015. Soil physical properties after two years application of organic fertilizers in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) planting. International Journal of Farming and Allied Sciences 4: 341-351.
- Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Experimental Agriculture and Animal Husbandry 116: 226-231.
- Cavender, N.D., Atiyeh, R.M., and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of sorghum bicolor at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.
- Chaubey, A.K., Sing, S.B., and Kaushik, M.K. 2000. Response of ground (*Arachis pogaee*) to source and level of sulphur fertilizer in mid-western plains of uttar desh. Indian Journal Agronomy 45: 166-169.
- Galavi, M., Ramroudi, M., and Tavassoli, A. 2012. Effect of micronutrients foliar application on yield and seed oil content of safflower (*Carthamus tinctorius*). Agricultural Research 7: 482-486.
- Gupta, A.K., and Samnotra, R.K. 2004. Effect of biofertilizers and nitrogen on growth, quality and yield of cabbage (*Brassica napus* L.). Environment Ecology 22: 551-553.
- Heidarian, A.R., Kord, H., Mostafavi, K., and Amin-Mashhadi, F. 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* L. Merr.) at different growth stages. Sustainable Agriculture 28:

- Heidarianpour, M.B., Sameni, A., Sheikhi, J., Karimian, N.A., and Zarei, M. 2014. Effect of vermicompost and nitrogen on growth, nutrient concentration and absorption in sunflower. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resource* 67: 217-227. (In Persian with English Summary)
- Jalali, A.H., Bahrani, M.J., and Karimian, N.A. 2011. Effect of crop residue management, application of compost and nitrogen fertilizer on grain yield and its components in maize cv. DC370. *Iranian Journal of Crop Sciences* 13: 336-351. (In Persian with English Summary)
- Mallanagouda, B. 1995. Effects of N.P.K and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Science* 4: 916-918.
- Martinez, J.F. 2004. Sesame and Safflower Newsletter. Publication of Institutes of Sustainable Agriculture (IAS), Spain.
- Mehrafrid, S., Azimzadeh, S.M., and Ehteramian, K. 2015. Effects of municipal waste compost and irrigation regimes on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 8: 373-379.
- Movahhedy, M., Dahnnavy, S., and Modarres-sanavy, A. 2009. Foliar application of zinc manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. *Industrial Crops and Products* 30: 82-92.
- Naderi, R., and Bijanzadeh, E. 2014. Organic amendments and nitrogen effects on growth and chemical composition of two cultivars of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Australian Journal of Crop Science* 8: 577-581.
- Noorabadi, A., and Ghafari, M. 2010. Examination the effect of planting date and micronutrient foliar application on agronomic properties of sunflower. The 3th National Congress on Development of Biologic Application and Optimum Use of Fertilizer and Pesticide in Agriculture. p. 1-4. (In Persian with English Summary)
- Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y., and Jamali-Ramin, F. 2010. Comparison Effect of biofertilizer and chemical fertilization on sunflower growth, yield and oil percentage under different level of drought stress. *Journal of Agroecology* 3: 492-501. (In Persian with English Summary)
- Pirdashti, H., Motaghian, A., and Bahmanyar, M.A. 2010. Effect of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultures. *Journal of Plant Nutrition* 33: 485-495.
- Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., and Dharmatti, R. 2008. Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) *Agriculture Science* 21: 382-385.
- Ravindran, B., Dinesh, S.L., Kennedy, L., and Sekaran, G. 2008. Vermicomposting of solid waste generated from Leather Industries using epigeic earth worm *eisenia fetida*. *Applied Biochemical Biotechnology* 151: 480-488.
- Rezvani Moghaddam, P., Mohammadabadi, A.A., and Moradi, R. 2010. Evaluation the effect of chemical and organic fertilizers on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) in different planting density. *Journal of Agroecology* 3: 256-265. (In Persian with English Summary)
- Rezvantalab N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M.A., and Abasian, A. 2008. Study on yield and yield components of corn *Zea mays* L. response to different types and rates of organic and chemical fertilizers. *Journal of Agriculture Science* 15: 1-10.
- Sarker, S.K., Chowdhury, M.A.H., and Zakir, H.M. 2002. Sulfur and boron fertilization on yield quality and nutrient uptake by Bangladesh soybean. *Biological Sciences* 11: 729-733.
- Singh, Y.P., and Mannj, S. 2007. Interaction effect of sulphur and zinc in groundnut (*Arachis hypogaea*) and their availability in tonk district of Rajasthan. *Indian Journal of Agronomy* 12: 1-11.
- Taleshi, K., Shokohfar, A., Rafiee, M., Noormahamadi, G., and Sakinejhad, T. 2012. Safflower yield respond to chemical and biotic fertilizer on water stress condition. *World Applied Sciences Journal* 20: 1472-1477.



Yield and Yield Components of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as Affected by Micronutrient Application and Vermicompost in Two Kerman and Bardsir Regions

A.R. Karimi^{1*}, M.A. Behdani², S.V. Eslami² and M.H. Fathi³

Submitted: 23-11-2015

Accepted: 18-01-2016

Karimi, A.R., Behdani, M.A., Eslami, S.V., and Fathi, M.H. 2017. Yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by micronutrient application and vermicompost in two Kerman and Bardsir regions. Journal of Agroecology 9(2):505-519.

Introduction

Despite the importance of oily crops in development of Iran, there are few studies on nutrition with micronutrient in these crops, especially for safflower. Safflower, a deep rooted oilseed crop, is grown in many areas of world because it can be used as oil crop, vegetable, birdfeed and spices. To achieve the acceptable growth and yield of safflower, it needs the sufficient micro- and macronutrient, so that recently, there has been an increased interest in evaluation of nutrient role in quality and quantity of safflower. Application of vermicompost in oil crop production systems of Iran has been increased; which it can improve soil structure by increasing aggregate stability as well as increase in water holding capacity and aeration. On the other hand, micronutrients are nutrients required by plants in small quantities to organize a range of physiological functions. The deficiency micronutrients is widespread in many parts of the country due to cultivation of high yielding varieties, intensive agriculture and increasing use of sulphur free fertilizers in large quantities with concomitant decrease in use of organic manures. There is little information on interaction of vermicompost and micronutrients combination on safflower. thus, this study was conducted to evaluate the effect of combinations of three important micronutrient consisted of sulphur, zinc and boron on yield and yield components as well as dry forage production of safflower in different vermicompost treatments.

Material and Methods

In this research, the effect of micronutrient application and vermicompost was examined on yield and yield components of safflower in Agriculture and Natural Resources Research Center of Kerman Province in two Kerman and Bardsir regions. The treatments were included vermicompost factor at two levels (0 and 6 t ha⁻¹) and micronutrients combinations at 12 levels (no use, 100 kg ha⁻¹ S, 200 kg ha⁻¹ S, 3 ml L⁻¹ Zn, 2 ml L⁻¹ B, four twofold and two triplet combinations of the 3 micronutrients). A factorial experiment based on randomized block design (RCBD) was used. Vermicompost and S were used before planting as soil apply, while Zn and B were applied as foliar application. Dry forage at the flowering early and branch number per plant, head number per plant, grain number per head, weight of 1000 grains and grain yield at final ripening were determined. Analysis of variance, means comparisons (LSD at 5% probability level) and correlation coefficient were done in SAS software.

Results and Discussion

The results showed that application of vermicompost and micronutrient had positive and significant effect on head number per plant, grain number per head, weight of 1000 grains, dry forage and grain yield in both places. These could be attributed to improved soil porosity, water holding capacity and aeration caused by vermicompost. Vermicompost are also known as sources of plant nutrients and can improve soil physicochemical characteristics. Growth and yield of safflower plants in Kerman was significantly more than those in Bardsir, which was probably due to better conditions of soil in Kerman. Kerman had greater amount of nitrogen, potassium and phosphorous as well as higher level of soil organic matter. On average, vermicompost

1, 2 and 3- PhD Student in Agronomy, Professor, Department of Agronomy and Associate Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Iran, respectively.

(* - Corresponding author Email: gogheri22@yahoo.com)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51650

application at 6 t ha^{-1} was associated with 347 and 54 kg ha^{-1} increasing in dry forage and grain yield, respectively. In the other hand, the highest dry forage and grain yield were obtained from plants treated with 200 kg ha^{-1} S, Zn and B as 2104 and 1433 and 1433 kg ha^{-1} , respectively. Stimulated photosynthetic activity and synthesis of chloroplast and protein in result of micronutrient application might be reason of greater yield in these treatments. The grain number had the highest correlation with forage production and yield.

Conclusion

In general, the result of this study revealed that in both places, vermicompost and micronutrient application had positive interaction, so that the greatest forage and grain production were observed in vermicompost application with triple combination of S, Zn and B.

Keywords: Boron, Organic fertilizer, Sulfur, Zinc



شبیه سازی عملکرد گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) در شرایط تنش شوری بر اساس مدل های آماری و مدل های کلان

وحیدرضا جلالی^{1*} و صفورا اسدی کپورچال²

تاریخ دریافت: 1394/09/28

تاریخ پذیرش: 1395/01/25

جلالی، و.ر. و اسدی کپورچال، ص. 1396. شبیه سازی عملکرد گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) در شرایط تنش شوری بر اساس مدل های آماری و مدل های کلان. بوم شناسی کشاورزی، 9(2): 520-534.

چکیده

در مناطق خشک و نیمه خشک کمبود آب به عنوان عامل اصلی و شوری خاک عامل ثانویه کاهش رشد گیاه و عملکرد دانه به شمار می رود. بنابراین، برای استفاده از منابع آب های کم کیفیت و لب شور، باید تجزیه و تحلیل کمی واکنش گیاهان این مناطق نسبت به تنش شوری، توسط مدل های شبیه ساز انجام شود. در این پژوهش، دو رویکرد کلی شبیه سازی شامل مدل های فرآیندی-فیزیکی و آماری-تجربی مورد بررسی قرار گرفت. بدین ترتیب که برای کمی کردن اثر شوری بر عملکرد نسبی بذر گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) (رقم به رنگ) در مقادیر مختلف شوری خاک، از مدل های فرآیندی-فیزیکی شامل مدل ماس و هافمن، ون گنوختن و هافمن، دیرکسن و همکاران و همایی و همکاران و همچنین مدل های آماری-تجربی شامل تابع اصلاح شده گومپرتز، تابع نمایی دوگانه و تابع اصلاح شده ویبول استفاده گردید. گیاهانی که با آب غیر شور آبیاری شده بودند به عنوان تیمار بهینه در نظر گرفته شدند و عملکرد مطلق سایر بوته ها نسبت به عملکرد در این تیمار بهینه سنجیده شد. پس از برداشت بوته ها، وزن دانه در هر سطح شوری ثبت گردید. مقایسه کارایی نسبی مدل ها بر اساس شاخص های آماری ضریب کارایی اصلاح شده و شاخص مطابقت اصلاح شده نشان داد که در بین مدل های آماری-تجربی، تابع اصلاح شده گومپرتز بیشترین دقت را داشته اند. بررسی تطبیقی تمام مدل ها بر اساس شاخص های آماری فوق نشان داد که مدل همایی و همکاران دقیق ترین مدل برای شبیه سازی عملکرد گندم دوروم بوده است. همچنین، پارامترهای معادله همایی و همکاران از لحاظ فیزیکی دارای مفهوم بوده و کاملاً تعریف شده و به راحتی قابل اندازه گیری می باشد، در حالی که در مدل های آماری-تجربی مقادیر پارامترهای هر معادله فاقد مفهوم بیوفیزیکی بوده و مقادیر مطلق هر پارامتر هیچ گونه اطلاعاتی از وضعیت رشدی گیاه بیان نمی کند. بنابراین، در این پژوهش مدل همایی و همکاران به عنوان مدل بهینه برگزیده شد.

واژه های کلیدی: آب شور، تابع اصلاح شده گومپرتز، تنش محیطی، شبیه سازی

مقدمه

گرفته است (FAO, 2010). از طرفی کاهش شدید بارش در کشور در سال های اخیر روند نگران کننده ای به خود گرفته، به طوری که بر اساس آمار وزارت نیرو حجم کل ریزش های جوی مهر ماه سال آبی 93-1392 معادل 4/7 میلی متر بوده که این مقدار در مقایسه با میانگین دوره مشابه 45 ساله (7 میلی متر) 33 درصد کاهش و در مقایسه با دوره مشابه سال گذشته (6/2 میلی متر) 24 درصد کاهش نشان می دهد (IWRMC, 2015). پیامد این امر در مناطقی مانند استان های کرمان، قزوین، تهران و خراسان رضوی برداشت و فشار

ایران یکی از کشورهایی است که در معرض شور شدن منابع آب و خاک قرار دارد. بر طبق آمار فائو، 25/5 میلیون هکتار از اراضی ایران شور بوده و 8/5 میلیون هکتار آن نیز در کلاس بسیار شور قرار

1 و 2- به ترتیب استادیار، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان و استادیار، گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(Email: v.jalali@uk.ac.ir

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51978

*) - نویسنده مسئول:

پلی‌اتیلن گلیکول² (PEG) بر پارامترهای رشدی اولیه دو رقم گندم دوروم Omrabiya و BD290273 بررسی شد. سطوح تنش حاصله از دو منشأ مصنوعی NaCl و PEG در دامنه پتانسیل اسمزی 0/2- تا 0/8- مگاپاسکال تنظیم شد. نتایج نشان داد که تنش حاصله از محلول NaCl نسبت به محلول PEG تأثیر منفی کمتری بر روی سرعت جوانه‌زنی، درصد نهایی جوانه‌زنی و سرعت استقرار گیاهچه در هر دو گونه گندم دوروم داشته است (Sayar et al., 2010). هادی و همکاران (Hadi et al., 2008) تأثیر تجمع عناصر در تحمل به شوری در هفت ژنوتیپ گندم دوروم را بررسی کردند. ایشان در تحقیق خود، تنها از نمک کلرید سدیم (NaCl) و با غلظت‌های 50 تا 300 میلی‌مولار به عنوان منبع شوری استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که کلیه ژنوتیپ‌ها در تیمارهای شوری 200 و 300 میلی‌مولار از بین رفت. بررسی تأثیر تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد غله جدید تریتی‌پایرم در مقایسه با گندم و تریتیکاله (*Triticum secale*) با کاربرد سطوح شوری صفر (شاهد)، 100 و 200 میلی‌مولار نمک کلرید سدیم (NaCl) نشان داد که مقاومت غله جدید تریتی‌پایرم در مقایسه با گندم و تریتیکاله به مراتب بیشتر است، به‌طوری‌که استفاده از لاین‌های اولیه این غله می‌تواند برای احیاء مراتع و تولید علوفه در مناطق متأثر از شوری توصیه گردد (Razeghi Jahromi et al., 2012).

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در اکثر پژوهش‌های انجام شده در مورد تأثیر شوری بر رشد و عملکرد گیاه، از آب شور مصنوعی که عموماً ترکیبات NaCl و یا $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ و یا دیگر ترکیبات مصنوعی است، استفاده شده و از تأثیر منفی سمیت برخی از عناصر و همچنین تأثیر آنها بر قابلیت فراهمی سایر عناصر غذایی از لحاظ جذب در سطح ریشه‌ها و انتقال در درون گیاه، صرف‌نظر می‌گردد (Eskandari et al., 2014). این موضوع با شرایط واقعی منابع آب و خاک شور تطابق ندارد. به همین دلیل، در این پژوهش استفاده از آب شور طبیعی نسبت به آب شور مصنوعی ترجیح داده شد. گندم دوروم (*Triticum turgidum* L.) که برای تولید پاستا (ماکارونی و اسپاگتی) به کار می‌رود، از نظر اهمیت پس از گندم نان (*Triticum aestivum* L.) قرار داشته و نقش عمده‌ای در تغذیه میلیون‌ها انسان در خاورمیانه و شمال آفریقا دارد (Oleson, 1996). ارقام محلی گندم

بیش از حد جبران بر منابع آب زیر زمینی بوده که اخیراً به مرحله هشدار رسیده است. یکی از مشکلات مهم در ارتباط با برداشت بی‌رویه آب از سفره‌های زیرزمینی افت سطح آب و متراکم شدن لایه‌ها و رسوبات است. این پدیده باعث نشست سطح زمین¹ به صورت ناگهانی (در سفره‌های ماسه‌ای) و یا به‌طور تدریجی (در سفره‌های رسی) می‌گردد که این امر به‌صورت بالقوه می‌تواند باعث بروز مشکلات زیست محیطی بعدی گردد. با توجه به مطالب بیان شده نیاز است تا با برنامه‌ریزی و مدیریت کارشناسی، مصرف آب‌های شیرین در بخش کشاورزی را مدیریت نموده و به نوعی از منابع آب کم-کیفیت و شور نیز برای تولیدات کشاورزی بهره‌جست.

لزوم اعمال مدیریت بهینه آب در مناطقی که کیفیت آب و خاک آن‌ها چندان مطلوب نیست، نیازمند تجزیه و تحلیل حساسیت گیاه به شوری با استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز است. به عبارت دیگر، با تجزیه و تحلیل کمی واکنش گیاه به شوری از طریق مدل‌های شبیه‌ساز، می‌توان در دوره‌هایی از رشد که مقاومت گیاه به شوری نسبتاً بالاست همراه با حفظ سطح مطلوب عملکرد، مقادیر متناهی از منابع آب شور را نیز به کار برد. شوری به عنوان یک تنش غیرزنده می‌تواند اختلالات زیادی را برای بذرها در دوره رشد ایجاد کند. گندم (*Triticum turgidum* L.) اصلی‌ترین منبع تأمین کالری در سبد غذایی ایرانیان بوده و تولید کافی آن در شرایط مختلف، همواره جزو دغدغه‌های اصلی مسئولان ذیربط بوده است. در مقیاس جهانی نیز بررسی وضعیت آینده تولید غلات به‌ویژه گندم که یکی از مهم‌ترین محصولات مهم کشاورزی به شمار می‌رود از جمله مسائلی است که توجه پژوهشگران پرشماری را به خود معطوف کرده است (Nekahi et al., 2014; Koocheki et al., 2014).

اکبری قدسی و همکاران (Akbari Ghogdi et al., 2011) تغییرات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش شوری را بررسی کردند. سطوح شوری استفاده شده در تحقیق ایشان با استفاده از نمک‌های $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$ با نسبت مولی 1:10 تهیه شد. نتایج ایشان نشان داد که تمامی صفات به‌جز وزن و ویژه برگ با افزایش شوری، در تمامی ارقام گندم مورد آزمایش به طور معنی‌داری کاهش یافت.

در پژوهشی دیگر اثر تنش شوری حاصله از محلول‌های NaCl و

دوروم از گذشته بسیار دور در مناطق مختلف کشور به‌ویژه شمال غرب تا جنوب غرب به صورت دیم کشت شده و سطح زیر کشت دیم این محصول در سال‌های اخیر حدود 250 هزار هکتار برآورد می‌گردد. تا پیش از سال 1370 گندم دوروم آبی به صورت گسترده کشت نمی‌شد، لیکن در دهه هشتاد با وارد شدن بذر رقم یاواروس-79 و معرفی سه رقم گندم دوروم سیمینه، آریا و کرخه برای کشت در زراعت آبی، سطح کشت گندم دوروم آبی به بیش از 200 هزار هکتار بالغ گردید که نشان‌دهنده سازگاری وسیع گندم دوروم با شرایط آب و هوایی خشک به‌ویژه مناطق گرم و خشک جنوب کشور که دچار بحران کم‌آبی هستند، می‌باشد (Seed and Plant Improvement Institute, 2013).

رقم مورد استفاده در این تحقیق بنا بر توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی، رقم بهرنگ بود که از نظر پایداری عملکرد و میانگین عملکرد دانه، برترین لاین در بین گونه‌های موجود گندم دوروم در اقلیم‌های گرم و خشک جنوب محسوب می‌شود. میانگین عملکرد دانه آن طی سه سال در چهار منطقه بالغ بر 6/796 تن در هکتار بوده است. این رقم به دلیل داشتن سازگاری مناسب و عملکرد مطلوب در اقلیم گرم و خشک جنوب کشور و نیز کیفیت خوب دانه آن برای تهیه ماکارونی، از مزیت خوبی برخوردار است (Seed and Plant Improvement Institute, 2013). با توجه به اینکه بیشترین سطح زیر کشت گندم دوروم کشور در اقلیم مزبور واقع شده است، در پژوهش حاضرگونه مورد نظر برای مطالعات کمی شوری انتخاب گردید. کمی‌سازی تأثیر فاکتورهای محیطی بر میزان عملکرد، به منظور برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از منابع موجود از سالیان طولانی مورد توجه پژوهشگران بوده است. به همین منظور در مطالعات متعدد، تأثیر عوامل محیطی-اقلیمی بر تولید محصول بررسی شده است. برای کمی‌سازی تأثیر این عوامل اقلیمی و محیطی بر میزان عملکرد، دو رویکرد کلی موجود است. رویکرد اول مربوط به مدل‌های فرآیندی¹ یا مدل‌های تئوریک است که این مدل‌ها ارتباط بین عوامل محیطی و عملکرد را بر اساس قوانین فیزیکی و روابط ریاضی به طور کامل تبیین می‌نمایند. دسته دوم مدل‌های آماری² بوده که به طور تجربی و بر مبنای مشاهدات گذشته، اقدام به تخمین عملکرد می‌نمایند. مدل‌های مبتنی بر فرآیند قادرند تا تأثیرات جزئی

تک تک عوامل مؤثر در تولید محصول را در نظر گرفته و در محاسبات لحاظ کنند. لیکن مدل‌های آماری معمولاً در غالب تجزیه‌های رگرسیونی داده‌هایی که در مقیاس زمانی مختلف (ماهانه، سالانه، مرحله رشدی و ...) گردآوری شده‌اند، عمل می‌نمایند (Basso et al., 2013). نظر به اینکه تاکنون تحقیقی مستقل در زمینه شبیه‌سازی عملکرد گندم دوروم در شرایط تنش شوری و همچنین تعیین میزان آستانه کاهش عملکرد آن صورت نگرفته است و تمام مدل‌های موجود که واکنش گیاهان به شوری را به‌صورت کمی بیان می‌کنند، بر اساس فرض غلط ثابت بودن شوری خاک از آغاز تا پایان دوره رشد استوار می‌باشند، می‌توان انتظار داشت که این مقادیر آستانه شوری که از این آزمایش‌ها به‌دست آمده، به‌طور کامل نتواند واکنش گیاه را در مقابل شوری تخمین بزند، بنابراین هدف اول این تحقیق بررسی نحوه واکنش گندم دوروم به شوری در آزمایش فوق بود. همچنین از آن‌جا که شکل توابع کاهش جذب آب برای گندم دوروم مشخص نیست، لذا دومین هدف پژوهش حاضر پاسخ به این سؤال بود که آیا توابع کاهش جذب آب در مورد گیاه گندم با مدل‌های موجود برآورد می‌شوند یا می‌بایست مدلی مناسب برای آن‌ها به‌دست آورد.

مواد و روش‌ها

برای کمی‌سازی اثر شوری بر رشد و عملکرد گندم دوروم بر اساس مدل‌های شبیه‌ساز آماری و فرآیندی، آزمایشی در یک خاک زراعی با بافت لوم شنی انجام گرفت. بافت لوم شنی به این دلیل انتخاب شد تا بتوان شوری کل توده خاک را با اعمال جزء آبشویی³ زیاد ($LF=0/5$) نسبتاً یکنواخت نگه داشت. برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش در جدول 1 گزارش شده است. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن همچون بافت، عناصر پرمصرف و کم مصرف، کربن آلی، آهک، pH، عصاره اشباع خاک و هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) با استفاده از روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد (Pansu & Gautheyrou, 2006).

همان‌طور که در بخش مقدمه اشاره شد، در بیشتر پژوهش‌های انجام شده در مورد تأثیر شوری بر رشد و عملکرد گیاه، از آب شور مصنوعی که عموماً NaCl و یا ترکیبی از NaCl و CaCl₂ بوده

1- process-based crop models

2- Statistical models

3- Leaching fraction

استفاده شده‌است. بدین ترتیب از تأثیر منفی سمیت برخی از عناصر و سطح ریشه‌ها و انتقال در درون گیاه، صرف‌نظر شده است. یا تأثیر آن‌ها بر قابلیت فراهمی دیگر عناصر غذایی از لحاظ جذب در

جدول 1- برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد استفاده
Table 2- Some physical and chemical properties of the experimental soil

واکنش عصاره اشباع pH _e	نسبت جذب سدیم SAR	عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) Saturated EC (EC _e) (dS.m ⁻¹)	آهک (درصد) TNV (%)	کربن آلی (درصد) Organic Carbon (OC) (%)	شن (درصد) Sand (%)	سیلت (درصد) Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) P _{ava} (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم) K _{ava} (mg.kg ⁻¹)	سدیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر) Na (meq.L ⁻¹)	منیزیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر) Mg (meq.L ⁻¹)	کلسیم (میلی‌اکی‌والان در لیتر) Ca (meq.L ⁻¹)
7.6	1.5	2.9	6.8	0.3	55	27	18	8.0	241.3	5.5	18.7	8.3

پژوهش در سه تکرار و شامل آب شهر به عنوان شاهد و پنج سطح شوری 2، 4، 6، 8 و 10 دسی‌زیمنس بر متر بود پس از آماده‌سازی بستر کشت، بذره‌های گندم با تراکم 350 بوته در مترمربع کاشته شد (Omid et al., 2013; Rezvani et al., 2013). پس از آن تیمارهای آب شور اعمال شدند و از این زمان به بعد هر تیمار با در نظر گرفتن جزء آبشویی (LF) برابر با 0/5 با مقدار معینی از آب شور (دارای EC متناسب با هر تیمار) آبیاری شدند. با اعمال این جزء آبشویی، شوری عصاره خاک تا حد امکان به شوری آب آبیاری نزدیک می‌شود. در این آزمایش، عملکرد نسبی شامل وزن دانه در هر سطح شوری نسبت به شاهد (آب شهر) در نظر گرفته شد.

این موضوع با شرایط واقعی منابع آب و خاک شور تطابق ندارد. به همین دلیل، در این پژوهش استفاده از آب شور طبیعی نسبت به آب شور مصنوعی ترجیح داده شد. با توجه به بالا بودن میزان شوری نمونه آب، برای تعیین دقیق شوری آن، نمونه آب چندین بار رقیق و در نهایت میزان هدایت الکتریکی آن 512 دسی‌زیمنس بر متر محاسبه شد. تجزیه شیمیایی نمونه آب استفاده شده در این پژوهش در جدول 2 ارائه شده است. آب شور تهیه شده از دریاچه مهارلوی فارس با شوری 512 دسی‌زیمنس بر متر برای استفاده در تیمارهای مورد نظر با آب معمولی رقیق گردید تا شوری‌های مورد نظر برای اعمال تیمارهای آزمایشی به‌دست آید. تیمارهای به کار رفته در این

جدول 2- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب شور طبیعی اولیه
Table 2- Some chemical characteristics of natural saline water

Table 2 - Some chemical characteristics of natural saline water												
بور (میلی گرم بر لیتر) B (mg.L ⁻¹)	کل جامدات محلول (میلی گرم بر لیتر) TDS (mg.L ⁻¹)	نسبت جذب سدیم SAR	کاتیون (میلی اکی والان در لیتر) Cations (meq.L ⁻¹)				آنیون (میلی اکی والان در لیتر) Anions (meq.L ⁻¹)				هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر) EC (dS.m ⁻¹)	
			پتاسیم K	سدیم Na	منیزیم Mg	کلسیم Ca	سولفات SO ₄	کلر Cl	بی کربنات HCO ₃	کربنات CO ₃	pH	
2.46	344792.0	88.4	131.9	3363.5	2858.1	38.4	1120.7	4847.0	18.7	0.0	6.9	512.0

در گیاهان با استفاده از معادله کلی جریان یا معادله ریچاردز (Richards, 1931) به صورت زیر ارائه می‌شود:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[k(h) \frac{\partial h}{\partial z} + k(h) \right] - S \quad (1)$$

که در آن θ : رطوبت حجمی خاک ($L^3 L^{-3}$); t : زمان (T); z : عمق خاک (L); K : ضریب آب‌گذری غیراشباع خاک ($L T^{-1}$);

همان‌طور که اشاره شد، دو رویکرد کلی در پیش‌بینی عملکرد گیاهان در شرایط اقلیمی متفاوت و کیفیت آب آبیاری گوناگون وجود دارد. در این تحقیق به هر دو گونه این رویکردها پرداخته شده است. بدین ترتیب که ابتدا مدل‌های مبتنی بر فرآیند مورد بررسی قرار گرفته است. گیاهان برای فتوسنتز و تعرق به آب نیازمند می‌باشند. با افزایش شوری، جذب آب در گیاه کاهش می‌یابد. بیان کمی جذب آب

پتانسیل ماتریک (L)، و S: مقدار آب جذب شده از ریشه گیاه در واحد حجم خاک و زمان ($L^3 L^{-3} T^{-1}$) است.

به طور کلی در رویکرد مدل سازی تئوریک یا فرآیندی، برای بیان کمی S، مدل هایی¹ وجود دارد که می توان آن ها را به دو گروه خرد² و کلان³ تقسیم کرد. معادله 2 شکل کلی مدل های خرد را نشان می دهد که نخستین بار توسط گاردنر (Gardner, 1960) ارائه گردید.

$$S = \frac{\Delta q_r}{\Delta z} = BLK(h - h_r - Z) \quad (2)$$

که در آن B: شاخص بدون بعد توزیع هندسی ریشه، L: طول مشخصی از ریشه، K: ضریب آبگذری غیر اشباع خاک، h: پتانسیل ماتریک خاک اطراف ریشه، q_r : شدت جذب آب توسط ریشه، h_r : پتانسیل ماتریک سطح خارجی ریشه و Z: عمق نفوذ ریشه است.

اشکال عمده مدل های خرد به غیر کاربردی بودن آن ها مربوط می شود، زیرا دستیابی به کمیت هایی نظیر B و h_r در حال حاضر غیر ممکن است. افزون بر این، فرض یکنواخت بودن همه مکان های جذبی در سطح ریشه و یا ماندگار بودن جریان آب که از پایه های اساسی این مدل هاست، با واقعیت منطبق نیست. به همین دلیل، گروه دیگری از مدل ها طراحی و ارائه شدند که به مدل های کلان شهرت دارند. در مدل های کلان، مقدار آب جذب شده در گیاه با میزان تفرق واقعی (T_a)⁴ و در شرایطی که هیچ گونه محدودیت آبی در خاک وجود نداشته باشد، معادل تفرق پتانسیل (T_p)⁵ در نظر گرفته شده و معادله کلی آن به صورت زیر است:

$$S = S_{max} = \frac{T_p}{Z_r} \quad (3)$$

که در آن Z_r : عمق توسعه ریشه (L)، و T_p : تفرق پتانسیل ($L T^{-1}$) است.¹

اگر خاک نتواند نیاز آبی گیاه را برای حداکثر تفرق (T_p) فراهم آورد، به اندازه α که به آن تابع کاهش⁶ گفته می شود، از تفرق کاسته می شود:

$$S = \alpha S_{max} = \alpha \frac{T_p}{Z_r} \quad (4)$$

معمولاً α : تابعی از پتانسیل ماتریک خاک است و آن را به صورت $\alpha(h)$ نشان می دهند. معادله 4 شکل عمومی مدل های کلان است که

- 1- Models
- 2- Microscopic models
- 3- Macroscopic models
- 4- Actual transpiration
- 5- Potential transpiration
- 6- Reduction function

فدس و همکاران (Feddes et al., 1978) آن را ارائه داده اند. در شرایط شوری، α تابعی از پتانسیل اسمزی محلول خاک (h_o) است و مقدار جذب آب در گیاه در این شرایط به صورت زیر تعریف می شود:

$$S = \alpha(h_o) S_{max} = \alpha(h_o) \frac{T_p}{Z_r} \quad (5)$$

توابع پیشنهاد شده برای $\alpha(h_o)$ ، منحصر به روابطی هستند که ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977)، ون گنوختن و هافمن (van Genuchten & Hoffman, 1984)، دیرکسن و همکاران (Dirksen et al., 1993) و همایی و همکاران (Homaee et al., 2002 a,b) ارائه داده اند که به شرح زیر می باشند. ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) تابعی خطی و دو تکه ارائه کردند که بر مبنای آن تا پیش از آستانه کاهش شوری (h_o^*) هیچ گونه کاهشی در جذب آب پدید نمی آید، لیکن با افزایش h_o مقدار جذب به طور خطی کاهش می یابد:

$$\alpha(h_o) = 1 - \frac{a}{360} (h_o^* - h_o) \quad (6)$$

که در آن، a: شیب خط یا مقدار کاهش عملکرد به ازای یک واحد افزایش شوری پس از آستانه کاهش است.

از آن جا که منحنی دقیق پاسخ گیاه به شوری، شکلی سیگموییدی و نه خطی دارد، ون گنوختن و هافمن (van Genuchten & Hoffman, 1984) معادله ای غیر خطی به صورت زیر پیشنهاد کردند:

$$\alpha(h_o) = \frac{1}{1 + \left(\frac{h_o}{h_{o50}} \right)^p} \quad (7)$$

که در آن، h_{o50} : مقدار فشار اسمزی (L) است که در آن جذب آب 50 درصد کاهش یافته و یا عملکرد نسبی به نصف تقلیل می یابد که اصطلاحاً این مقدار تنش شوری را با EC50 نشان می دهند، همچنین p ضریبی تجربی است که وابسته به گیاه، خاک، و اقلیم است (Homaee & Feddes, 2002).

پژوهش های دیرکسن و همکاران (Dirksen et al., 1993) نشان داده که جذب آب در گیاه تا رسیدن به شوری معینی (h_o^*) کاهش نمی یابد. به همین دلیل آن ها معادله 6 را نسبت به شوری حد آستانه (h_o^*) تعدیل و رابطه زیر را پیشنهاد کردند:

$$\alpha(h_o) = \frac{1}{1 + \left(\frac{h_o^* - h_o}{h_o^* - h_{o50}} \right)^p} \quad (8)$$

این رابطه نسبت به روابط قبلی با دقتی بیشتر واکنش گیاه را به شوری برآورد می کند، لیکن مهم ترین محدودیت آن به دست آوردن

آن بسته به دامنه تغییرات متغیر مستقل، از صفر تا یک افزایش می‌یابد (Weibull, 1951). از تابع اصلاح شده ویبول برای تخمین عملکرد نسبی (Y_r) در سطوح مختلف شوری ناحیه ریشه (C) به صورت زیر استفاده شده است:

$$Y_r = \exp[a(C^b)] \quad (12)$$

که در رابطه فوق، ضریب رگرسیون a همواره منفی بوده و بیانگر میزان ارتباط بین متغیر مستقل و وابسته است. همچنین ثابت b بیانگر شیب منحنی پاسخ گیاه می‌باشد. نکته قابل توجه در این رابطه آماری این است که ثابت‌های a و b ، بیانگر هیچ‌گونه ویژگی بیوفیزیکی نبوده و تنها ارزش آماری دارند.

تابع نمایی دوگانه²

ون گنوختن (van Genuchten, 1983)، به منظور بررسی داده‌های تحمل به شوری گیاهان مختلفی همانند چاودار (*Secale cereale*)، تابع تولید نمایی کلی‌تری به صورت زیر ارائه نمود:

$$Y_r = \exp[aC - b(C^2)] \quad (13)$$

که در رابطه فوق نیز ثابت‌های تجربی a و b همچنان فاقد هویت بیوفیزیکی بوده و می‌توانند از طریق رگرسیون غیر خطی محاسبه گردند. محققین مختلفی در بررسی‌های خود از این تابع تولید برای شبیه‌سازی عملکرد گیاهان مختلف بهره‌برده‌اند (Wang et al., 2002).

تابع اصلاح شده گومپرتز³

بر اساس گزارش لاپ و اسکروپات (Lapp & Skoropad, 1976)، متخصصین آمار انسانی، برای سالیان متمادی از فرمول ارائه شده توسط گومپرتز (Gompertz, 1825) برای بررسی نرخ مرگ و میر جوامع انسانی استفاده کرده‌اند. پس از آن اشکال مختلف این رابطه در انواع کاربری‌های کشاورزی همانند بررسی میزان جوانه‌زنی بذر و سرعت رشد و نمو استفاده گردیده است (Steppuhn et al., 2005). به همین ترتیب تابع اصلاح شده گومپرتز به صورت زیر نیز می‌تواند به‌عنوان تابع عملکرد گیاه در شرایط شور استفاده گردد.

$$Y_r = 1 - \exp[a \exp(bc)] \quad (14)$$

که ثابت‌های تجربی a و b همواره منفی بوده و همانند دو مورد

h_{050} است. همچنین، پارامتر p چه به صورت فیزیکی و چه به صورت تجربی در آن تعریف نشده است. در واقع p همانند h_{050} و h_{050} پارامتری وابسته به شکل تابع است. همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) با فرض اینکه p پارامتری وابسته به محصول، خاک، و اقلیم است، معادله زیر را برای به دست آوردن آن پیشنهاد کردند:

$$p = \frac{h_{050}}{h_{050} - h_0^*} \quad (9)$$

به دلیل اینکه مشکل به دست آوردن h_{050} تا بدین‌جا حل نشده باقی مانده بود، همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) مقدار h_{050} را با h_{0max} جایگزین و تابع خطی زیر را پیشنهاد کردند که دارای دو آستانه کاهش است (Homaee et al., 2002 c,d):

$$\alpha(h) = \frac{1}{1 + (1 - \alpha_0) / \alpha_0 [(h^* - h) / (h^* - h_{max})]^p} \quad (10)$$

کاهش در مقدار α در شوری‌های بیشتر از (h_0^*) ادامه می‌یابد تا به یک شوری معین (EC_{max}) یا پتانسل اسمزی متناظر آن (h_{0max}) برسد. در شوری‌های بیشتر از h_{0max} ، افزایش شوری نمی‌تواند با همان روند قبلی در مقدار α کاهش ایجاد کند. این واقعیت نشان می‌دهد که در $h_0 > h_{0max}$ گیاه هنوز زنده است و در سطحی بسیار اندک به فعالیت‌های حیاتی خود ادامه می‌دهد. همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) سپس مقدار p را با توجه به h_{0max} به صورت زیر تعریف کردند.

$$p = \frac{h_{0max}}{h_{0max} - h_0^*} \quad (11)$$

در ادامه این پژوهش، توانمندی مدل‌های آماری نیز به‌بوته آزمایش گذاشته شد. در سال‌های اخیر مدل‌های دیگری نیز ارائه شده که بر خلاف مدل‌های کلان، که مبنای فیزیکی دارند، این مدل‌ها مبنای آماری دارند. شکل کلی این معادلات به صورت $Y_r = f(EC_e)$ تعریف شده و مهمترین آن‌ها شامل ویبول تصحیح شده، نمایی دوگانه و تابع اصلاح شده گومپرتز است که در آن‌ها Y_r و EC به ترتیب عملکرد نسبی (درصد) و متوسط شوری آب آبیاری طی فصل رشد (دسی‌زیمنس بر متر) است (Saraee Tabrizi et al., 2015).

تابع اصلاح شده ویبول¹

مدل آماری ویبول در واقع یک توزیع احتمال تجمعی است که یک متغیر را به متغیر دیگری به صورت نمایی مرتبط می‌سازد و مقدار

قبل فاقد مفهوم بیوفیزیکی هستند و از طریق آنالیز رگرسیون خیر خطی به دست می‌آیند.

به منظور کمی کردن اثر شوری بر رشد و عملکرد گندم دوروم، عملکرد نسبی با استفاده از مدل‌های کلان شامل مدل ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977)، و گنوختن و هافمن (van Genuchten & Hoffman, 1984)، دیرکسن و همکاران (Dirksen et al., 1993)، همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) و مدل‌های آماری تابع اصلاح شده ویبول، تابع نمایی دوگانه و تابع اصلاح شده گومپرتز محاسبه شد. مدل‌های یاد شده بر داده‌های عملکرد نسبی به دست آمده برازش داده شدند.

پارامترهای مجهول هر کدام از مدل‌ها از طریق بهینه‌سازی حداقل مجموع مربعات خطا با استفاده از حل تابع سولور¹ در محیط نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت. سپس عملکرد نسبی برآورد شده توسط مدل‌ها با مقادیر اندازه‌گیری شده در برابر سطوح مختلف شوری عصاره اشباع رسم و نتایج مدل‌های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید. همچنین، مقایسه کمی مدل‌ها بر اساس آماره‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت.

مقایسه کمی دقت شبیه‌سازی مدل‌های شبیه‌ساز

برای مقایسه کمی عملکرد اندازه‌گیری شده با مقدار شبیه‌سازی شده با مدل‌های فوق، از آماره‌های آماری زیر استفاده گردید (Jalali & Homaee, 2010; Saadat & Homaee, 2015).

$$E' = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - S_i|}{\sum_{i=1}^n |O_i - O'|} \quad (15)$$

$$d' = 1.0 - \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - S_i|}{\sum_{i=1}^n (|S_i - O'| + |O_i - O'|)} \quad (16)$$

$$CRM = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad (17)$$

که در این معادلات، O_i : مقادیر اندازه‌گیری شده، S_i : مقادیر شبیه‌سازی شده، O' : میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده، n : تعداد زوج مقادیر اندازه‌گیری شده - برآورد شده عملکرد می‌باشد. E' ضریب کارایی اصلاح شده² است و محدوده‌ی آن از یک تا منفی بی‌نهایت می‌باشد. E' برابر با یک، نشان‌دهنده برابری مقادیر برآورد شده با اندازه‌گیری بوده و هرچه مقدار آن از یک کمتر باشد دقت مقادیر برآورد شده

کمتر می‌باشد. d' شاخص مطابقت اصلاح شده³ است که محدوده آن از صفر تا یک است. هرچه مقدار d' بیشتر باشد یعنی مقادیر برآورد شده به مقدار اندازه‌گیری نزدیک‌تر می‌باشد. CRM، ضریب جرم باقیمانده⁴ است. CRM گرایش مدل به تخمین بیشتر یا کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده را برای هر مدل ارائه می‌دهد. به دست آوردن مقدار منفی برای یک مدل، تمایل مدل را برای بیش برآورد اندازه - گیری‌ها نشان می‌دهد (Jalali et al., 2008). در نهایت تجزیه و تحلیل‌های آماری، برازش منحنی و کارهای گرافیکی به ترتیب با نرم افزار SPSS 16.0، DATAFIT 9 و Excel 2010 انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

الف - شبیه‌سازی عملکرد گندم دوروم بر اساس مدل‌های فرآیندی - ماکروسکوپی

شکل 1 عملکرد نسبی بذر در سطوح مختلف شوری عصاره اشباع خاک (EC_e) را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، عملکرد نسبی گیاه تا شوری $1/8$ دسی‌زیمنس بر متر کاهش نداشته، لیکن از آن پس، با افزایش شوری، مقدار عملکرد نسبی روندی کاهشی به خود گرفته است.

حد آستانه تحمل شوری گندم دوروم، بر اساس یافته‌های ماس و گراتان (Maas & Grattan, 1999)، $5/9$ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد، حال آن‌که پژوهش حاضر نشان داد که آستانه کاهش عملکرد گندم دوروم (رقم به‌رنگ) هنگامی که شوری خاک از ابتدا تا پایان دوره رشد ثابت باشد، نزدیک دو دسی‌زیمنس بر متر است که این امر لزوم اعمال حساسیت بیشتر در استفاده از ارقام دول‌های ارائه شده توسط محققین سایر مناطق دنیا را القا می‌کند. شکل 2 برازش مدل‌های ماکروسکوپی را بر داده‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. با برازش مدل‌های مختلف بر داده‌های اندازه‌گیری شده، پارامترهای مختلف هر یک از مدل‌ها، برآورد و در جدول 3 ارائه شده است. در جدول مورد نظر، اصطلاحات EC_m ، EC_p و P_p به ترتیب اشاره به آستانه کاهش عملکرد اندازه‌گیری شده، آستانه کاهش عملکرد برآورد شده و ضریب بدون بعد شکل، در مدل‌های مختلف می‌باشد.

همان‌طور که از شکل 2 و ضرایب تبیین (R^2) ارائه شده در جدول

3- Modified index of agreement

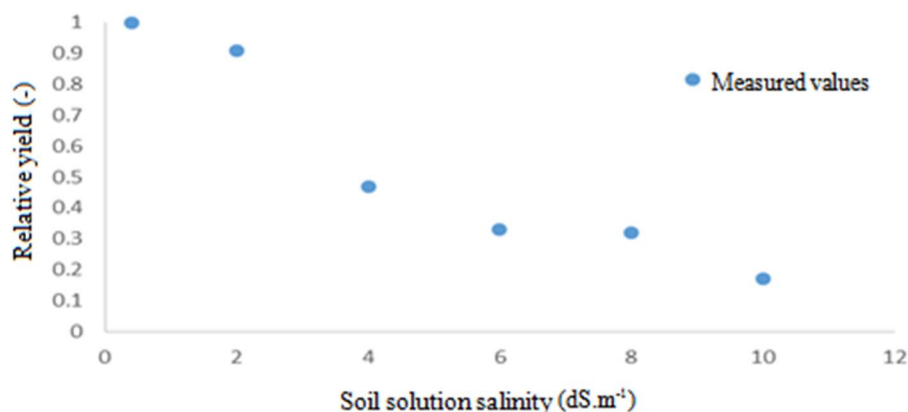
4- Coefficient of residual mass

1- Solver

2- Modified coefficient efficiency

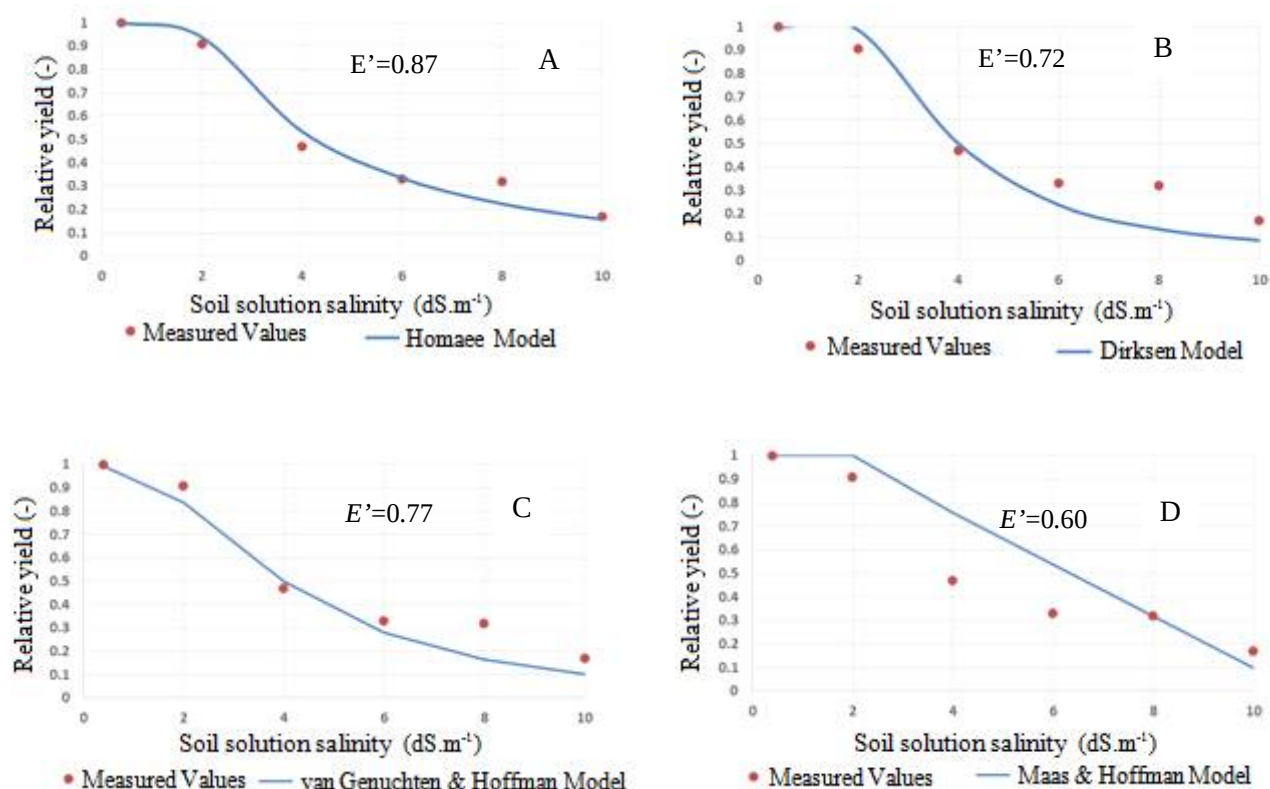
انتخاب مناسب‌ترین مدل برآوردی در این مرحله، با کمک آماره‌های ذکر شده (جدول 4) بهترین مدل تعیین شد.

4 برمی‌آید، مدل‌های غیرخطی نسبت به مدل خطی ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) برازش بهتری بر داده‌های اندازه‌گیری شده داشته و دارای ضریب تبیین بالاتری هستند. بنابراین برای



شکل 1- اثر شوری بر عملکرد نسبی بوته‌های گندم دوروم

Fig. 1- The effect of salinity on relative yield of durum wheat



شکل 2- عملکرد نسبی بوته‌های گندم اندازه‌گیری شده و برآورد شده به کمک مدل‌های همایی و همکاران (A)، دیرکسن و همکاران (B)، ون‌گنوختن و هافمن (C) و ماس و هافمن (D)

Fig. 2- Measured and predicted relative yield of durum wheat by Homaee et al., (A), Dirksen et al., (B), van Genuchten & Hoffman (C) and Maas & Hoffman (D) models

جدول 3- پارامترهای برآورد شده مدل‌های مختلف به کمک معادلات 6، 7، 8 و 10

Table 3- Predicted parameters of different models with equations of 6, 7, 8 and 10

مدل Model	آستانه کاهش عملکرد اندازه‌گیری شده EC_m	آستانه کاهش عملکرد برآورد شده EC_p	شوری عملکرد میانه EC_{50}	آستانه دوم شوری EC_{max}	شیب خط b	ضریب بدون بعد شکل P_p
همایی و همکاران Homaee et al.	1.8	1.9	-	9.0	-	2.8
دیرکسن و همکاران Dirksen et al.	1.8	2.0	4.0	-	-	1.8
ون‌گنوختن و هافمن van Genuchten & Hoffman	1.8	-	4.0	-	-	2.35
ماس و هافمن Maas & Hoffman	1.8	2.0	-	-	-0.11	-

جدول 4- آماره‌های محاسبه‌شده برای مقایسه معادلات مختلف فرآیندی-ماکروسکوپی

Table 4- The obtained statistics to assess different process- macroscopic model performances

مدل Model	ضریب کارایی اصلاح شده E'	شاخص مطابقت اصلاح شده d'	ضریب جرم باقیمانده CRM	ضریب تبیین R^2
همایی و همکاران Homaee et al.	0.87	0.93	-4.20	0.98
دیرکسن و همکاران Dirksen et al.	0.72	0.87	0.08	0.97
ون‌گنوختن و هافمن van Genuchten & Hoffman	0.77	0.89	0.10	0.97
ماس و هافمن Maas & Hoffman	0.60	0.81	-0.16	0.85

مدل ون‌گنوختن و هافمن (van Genuchten & Hoffman, 1984)، مدلی قابل توصیه و کاربرد است که پارامترهای آن کاملاً تعریف شده و مشخص باشند، از آن‌جا که در مدل ون‌گنوختن و هافمن (van Genuchten & Hoffman, 1984) پارامتر p و EC_{50} به‌طور واضح تعریف نشده و قابل اندازه‌گیری مستقیم نمی‌باشند و همچنین با در نظر گرفتن کارایی نسبی بهتر مدل همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) (بر اساس شاخص‌های آماری ارائه شده در جدول 4) در بین مدل‌های فرآیندی ماکروسکوپی، مدل غیرخطی همایی و همکاران، مدل مناسب شناخته شد.

ب- شبیه سازی عملکرد گندم دوروم بر اساس مدل‌های آماری-تجربی

همانند حالت قبل، شکل 3 برازش مدل‌های آماری-تجربی بر داده‌های اندازه‌گیری شده عملکرد نسبی بذر گندم دوروم را نشان

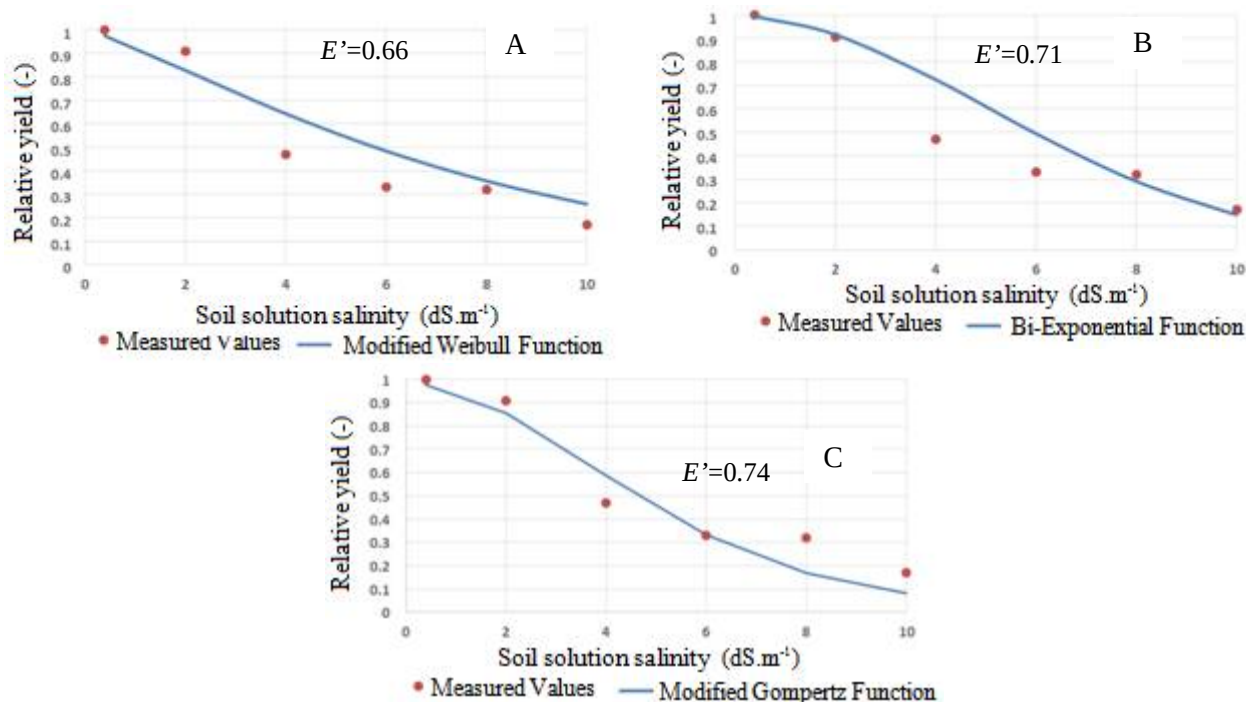
بررسی و مقایسه شاخص‌های آماری نشان می‌دهد که در بین مدل‌های غیرخطی، مدل همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) دقت بالایی در تخمین عملکرد گندم دوروم در این آزمایش داشته است. با اندک اختلافی از این مدل، مدل فاقد آستانه ون-گنوختن نیز توانسته است عملکرد نسبی گندم را تا حد نسبتاً قابل قبولی تخمین بزند. نکته دیگری که از بررسی شاخص آماری CRM برمی‌آید، بیش‌برآورد¹ نمودن عملکرد نسبی توسط مدل خطی ماس و هافمن (Maas & Hoffman, 1977) و مدل غیر خطی همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) بوده در حالی که سایر مدل‌های غیر خطی تمایل به کم‌برآوردی مقادیر نسبی عملکرد در این آزمایش داشته‌اند.

از بین دو مدل همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) و

1- Overestimate

است.

می‌دهد. با برازش مدل‌های مورد بررسی بر داده‌های به‌دست آمده، پارامترهای مختلف هر کدام از مدل‌ها برآورد و در جدول 5 ارائه شده



شکل 3- عملکرد نسبی بوته‌های گندم اندازه‌گیری شده و برآورد شده به کمک تابع اصلاح شده ویبول (A)، تابع نمایی دوگانه (B) و تابع اصلاح شده گومپرتز (C)

Fig. 3- Measured and predicted relative yield of durum wheat by Modified Weibull Function (A), Bi-Exponential Function (B) and Modified Gompertz Function (C)

Steppuhn et al., 2015) و استفان و همکاران (Tabrizi et al., 2015) نیز به برتری نسبی تابع اصلاح شده گومپرتز در شبیه‌سازی عملکرد گیاهان اشاره داشته‌اند.

نکته دیگری که از بررسی شاخص آماری CRM برمی‌آید، کم برآورد¹ کردن عملکرد نسبی توسط تابع اصلاح شده گومپرتز است، در حالی که سایر مدل‌ها تمایل به بیش‌برآوردی مقادیر نسبی عملکرد در این مرحله داشته‌اند.

مقایسه شاخص‌های آماری ارائه شده در جدول‌های 4 و 6 که به- ترتیب توانمندی مدل‌های فرآیندی- ماکروسکوپی و معادلات مختلف آماری- تجربی را نشان داده است، بیانگر آن است که در اکثر موارد، مدل‌های فرآیندی- ماکروسکوپی از دقت نسبی بالاتری در شبیه‌سازی عملکرد گندم دوروم تحت تنش شوری نسبت به معادلات

بررسی شاخص‌های آماری محاسبه شده در جدول 6 بیانگر آن است که در بین مدل‌های آماری-تجربی، تابع اصلاح شده گومپرتز توانایی نسبی بالاتری نسبت به سایر مدل‌ها داشته‌اند. به طوری که میزان شاخص ضریب کارایی اصلاح شده (E') و شاخص مطابقت (d') تابع اصلاح شده گومپرتز نسبت به تابع نمایی دوگانه و تابع اصلاح شده ویبول به ترتیب سه و هشت واحد و دو و شش واحد بیشتر بوده که این امر برتری نسبی این تابع را در شبیه‌سازی عملکرد بذر گندم دوروم در شرایط تنش شوری نشان می‌دهد. در مرحله بعد تابع نمایی دوگانه نیز با دقت نسبتاً خوبی توانسته پس از تابع اصلاح شده گومپرتز عملکرد گندم را پیش‌بینی نماید. در بین توابع آماری- تجربی، ضعیف‌ترین تخمین‌ها توسط تابع اصلاح شده ویبول با دارا بودن مقادیر شاخص ضریب کارایی اصلاح شده (E') 0/66 و همچنین شاخص مطابقت اصلاح شده (d') 0/81 دارا بوده است. محققین مختلفی همانند سرایی تبریزی و همکاران (Saraee

1- Underestimate

بوده و کاملاً تعریف شده هست و به راحتی قابل اندازه گیری می باشد، در حالی که در مدل های آماری - تجربی مقادیر پارامترهای هر معادله فاقد مفهوم بیوفیزیکی بوده و مقادیر مطلق هر پارامتر هیچ گونه اطلاعاتی از رشدی گیاه بیان نمی کند. بنابراین، هرچند کار با توابع آماری راحت تر بوده و با آنالیزهای رگرسیونی، ضرایب آن ها به دست می آید لیکن، این ضرایب به هیچ وجه قابل تعمیم به سایر شرایط نبوده و بسیار تغییر پذیر هستند.

مختلف آماری - تجربی برخوردار بوده اند. به همین ترتیب، بررسی تطبیقی شاخص های دقت بهترین مدل ماکروسکوپی (یعنی مدل همایی و همکاران) با بهترین تابع آماری - تجربی (یعنی تابع اصلاح شده گومپرتز) حاکی از بیشتر بودن 13، 6 و 4 واحد به ترتیب در پارامترهای ضریب کارایی اصلاح شده (E')، شاخص مطابقت (d') و ضریب تبیین (R^2) بوده است. ضمن اینکه پارامترهای معادله همایی و همکاران (Homaee et al., 2002b) از لحاظ فیزیکی دارای مفهوم

جدول 5- پارامترهای برآورد شده مدل های مختلف به کمک معادلات 12، 13 و 14

Table 5- Predicted parameters of different models with equations of 12, 13 and 14

مدل Model	a	b
تابع اصلاح شده گومپرتز Modified Gompertz Function	-4.217	-0.2919
تابع نمایی دوگانه Bi-Exponential Function	-0.0067	0.0184
تابع اصلاح شده ویبول Modified Weibull Function	-0.081	1.223

جدول 6- آماره های محاسبه شده برای مقایسه معادلات مختلف آماری - تجربی

Table 6- The obtained statistics to assess different statistical-experimental model performances

مدل Model	ضریب کارایی اصلاح شده E'	شاخص مطابقت اصلاح شده d'	ضریب جرم باقیمانده CRM	ضریب تبیین R^2
تابع اصلاح شده گومپرتز Modified Gompertz Function	0.74	0.87	0.063	0.94
تابع نمایی دوگانه Bi-Exponential Function	0.71	0.85	-0.117	0.88
تابع اصلاح شده ویبول Modified Weibull Function	0.66	0.81	-0.108	0.93

نتیجه گیری

دو دسی زمینس بر متر به دست آمد که این امر باید از این پس مورد توجه پژوهشگران و برنامه نویسان کامپیوتری که در پی برآورد کمی عملکرد گیاهان در محیط های شور هستند، واقع شود. در ادامه این پژوهش، بررسی تطبیقی دو رویکرد فرآیندی و آماری در شبیه سازی عملکرد گندم دوروم تحت تنش شوری حاکی از برتری نسبی رویکرد فرآیندی در تخمین عملکرد بوده است. به طوری که در بین تمامی مدل های فرآیندی و آماری - تجربی، مدل همایی و همکاران از دقت قابل قبولی برخوردار بود. همچنین تجزیه و تحلیل های آماری نشان داد که تابع اصلاح شده گومپرتز نیز در بین مدل های آماری - تجربی، توانایی قابل قبولی در تخمین میزان کاهش عملکرد به ازای سطوح مختلف شوری را دارد.

استفاده از آب های شور و لب شور در تولید محصولات کشاورزی وابسته به تعیین حساسیت گیاهان به شوری است. درباره اثر شوری بر گیاهان مختلف پژوهش های فراوان انجام شده لیکن نتایج حاصل عموماً به صورت کمی بیان نشده اند. اندک پژوهش هایی هم که به صورت کمی ارائه شده اند بر مبنای "میانگین شوری" ناحیه رشد ریشه بوده اند. بنابراین استفاده از داده های چنین جدول هایی چندان قابل اعتماد و استناد نیست. به طوری که بر خلاف عدد ارائه شده توسط ماس و گرانت (Mass & Grattan, 1999)، که آستانه کاهش عملکرد گندم دوروم را 5/9 دسی زمینس بر متر اعلام نموده است، آستانه کاهش عملکرد گندم دوروم رقم بهرنگ در این پژوهش عدد

بر اساس یافته‌های فوق توصیه می‌شود تا با شناخت و مطالعه کمی حساسیت ارقام غالب زراعی هر ناحیه و استفاده از مدل‌های شبیه‌ساز مناسب، زمینه استفاده از آب‌های کم کیفیت و لب‌شور را به منظور جبران بخشی از کمبود آب شیرین در برنامه‌های علمی و ترویجی کشاورزی گنجانند.

سپاسگزاری

هزینه پژوهش اخیر توسط قطب تنش‌های محیطی در غلات دانشگاه شهید باهنر کرمان تامین شده که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

- Akbari Ghogdi, E., Izadi-Darbandi, A., Borzouei, A., and Majdabadi, A. 2011. Evaluation of morphological changes in some wheat genotypes under salt stress. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 1(4): 71-83. (In Persian with English Summary)
- Basso, B., Cammarano, D., and Carfagna, E. 2013. Review of Crop Yield Forecasting Methods and Early Warning Systems. FAO Publication, Rome, Italy.
- Dirksen, C., Kool, J.B., Koorevaar, P., and Van Genuchten, M.T. 1993. HYSWASOR- Simulation Model of Hysteretic Water and Solute Transport in the Root Zone. In: D. Russo and G. Dagan (Eds.). *Water Flow and Solute Transport in Soils*. Springer, Berlin, Heidelberg. p. 99-122.
- Eskandari, M., Homaei, M., Asadi Kapourchal, S., and Mirnia, S.K. 2014. Barley seed germination in $\text{NaCl}^+\text{CaCl}_2$ solution, natural saline water and saline soil. *Cereal Research* 3(4): 335- 347. (In Persian with English Summary)
- FAO. 2010. Extent and causes of salt-affected soils in participating countries. Available at Web site: URL: <http://www.fao.org/ag/AGL/agll/spuch/topic4.htm>.
- Feddes, R.A., Kowalik, P., and Zarandy, H. 1978. *Simulation of Field Water Use and Crop Yield*. Pudoc. Wageningen. The Netherlands.
- Gardner, W.R. 1960. Dynamic aspects of water availability to plants. *Soil Science* 89: 63-73.
- Gompertz, B. 1825. On the nature of the function expressive of the law of human mortality and on a new mode of determining the value of life contingencies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 115: 513-583.
- Hadi, M.R., Khosh Kholgh Sima, N.A., Khavarinejad, R., and KiyamNekoie, S.M. 2008. The effect of elements accumulation on salinity tolerance in seven genotype durum wheat (*Triticum turgidum* L.) Collected from the Middle East. *Iranian Journal of Biology* 21(1): 326-340. (In Persian with English Summary)
- Homaei, M., and Feddes, R.A. 2002. Modeling the Sink Term under Variable Soil Water Osmotic Heads. In: Hassanizadeh et al. (Eds.), *Developments in water resources* 47 (1); *Computational methods in water resources*. Elsevier Science B.V., the Netherlands p. 17-24.
- Homaei, M., Dirksen, C., and Feddes, R.A. 2002a. Simulation of root water uptake. I. Non-uniform transient salinity using different macroscopic reduction functions. *Agricultural Water Management* 57(2): 89-109.
- Homaei, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002b. Simulation of root water uptake. III. Non-uniform transient combined salinity and water stress. *Agricultural Water Management* 57(2): 127-144.
- Homaei, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002c. A macroscopic water extraction model for non-uniform transient salinity and water stress. *Soil Science Society of America Journal* 66(6): 1764-1772.
- Homaei, M., Feddes, R.A., and Dirksen, C. 2002d. Simulation of root water uptake. II. Non-uniform transient water stress using different reduction functions. *Agricultural Water Management* 57(2): 111-126.
- Iran Water Resources Management Company (IWRMC). 2015. Available at Web site: <http://www.wrm.ir>
- Jalali, V.R., and Homaei, M. 2010. Modeling the effect of salinity application time of root zone on yield of canola (*brassica napus* L.). *Agricultural Crop management (Journal of Agriculture)* 12(1): 29-40. (In Persian with English Summary)
- Jalali, V.R., Homaei, M., and Mirnia, K. 2008. Modeling canola response to salinity on vegetative growth stages. *Journal of Agricultural Engineering Research* 8: 95-112. (In Persian with English Summary)

- Koocheki, A., Fallahpour, F., Khorramdel, S and Jafari, L. 2014. Intercropping wheat (*Triticum aestivum* L.) with canola (*Brassica napus* L.) and their effects on yield, yield components, weed density and diversity. *Journal of Agroecology* 6(1): 11-20. (In Persian with English Summary)
- Lapp, M.S., and Skoropad, W.P. 1976. A mathematical model of conidial germination and appressorial formation for *Colletotrichum graminicola*. *Canadian Journal of Botany* 54(19): 2239-2242.
- Maas, E.V., and Grattan, S.R. 1999. Crop Yields as Affected by Salinity. In: R.W. Skaggs and J. van Schilfgaarde (Eds.). *Agricultural Drainage*. Madison. WI: ASA, CSSA, SSA. Agron. Monograph 38. p. 55-108.
- Maas, E.V., and Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division* 103: 115-134.
- Nekahi, M.Z., Soltani, A., Siahmarguee, A., and Bagherani, N. 2014. Yield gap associated crop management in wheat (Case study: Golestan province-Bandar-gaz). *Electronic Journal of Crop Production* 7(2): 135-156. (In Persian with English Summary)
- Oleson, B.T. 1996. World Wheat Production Utilization and Trade. In: W. Bushuk and V.F. Rasper (Eds.). *Wheat production, properties and quality*. Chapman and Hall p. 1-11.
- Omidi, M., Siahpoosh, M.R., Mamghani, R., and Modarresi, M. 2013. The effects of terminal heat stress on yield, yield components and some morpho-phenological traits of wheat genotypes in Ahwaz weather conditions. *Electronic Journal of Crop Production* 6(4): 33-53. (In Persian with English Summary)
- Pansu, M., and Gautheyrou, J. 2006. *Handbook of Soil Analysis, Mineralogical, Organic and Inorganic Methods*. Springer.
- Razeghi Jahromi, F., Shahsavand Hassani, H., and Rezaeithe, A.H. 2012. Study of salt stress effects on yield and its components of new cereal (primary tritipryum lines: AABBEbEb) in comparison with wheat and triticale. *Electronic Journal of Crop Production* 4(1): 1-16. (In Persian with English Summary)
- Rezvani, H., Asghari, J., Ehteshami, S.M.R., and Kamkar, B. 2013. Study the response of yield and component yield of wheat cultivars in competition with wild mustard in Gorgan. *Electronic Journal of Crop Production* 6(4): 187-214. (In Persian with English Summary)
- Richards, L.A. 1931. Capillary conduction of liquids in porous mediums. *Physics* 1:318-333.
- Saadat, S., Homae, M., and Liaghat, A.M. 2005. Effect of soil solution salinity on the germination and seedling growth of sorghum plant. *Journal of Soil and Water Science* 19: 243-254. (In Persian with English Summary)
- Saadat, S., and Homae, M. 2015. Modeling sorghum response to irrigation water salinity at early growth stage. *Agricultural Water Management* 152: 119-124.
- Saraee Tabrizi, M., Babazadeh, H., Homae, M., Kaveh, F., and Parsinejad, M. 2015. Simulating basil response to irrigation water salinity. *Journal of Water Research in Agriculture* 28(4): 691-701. (In Persian with English Summary)
- Sayar, R., Bchini, H., Mosbahi, M., and Khemira, H. 2010. Response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) growth to salt and drought stresses. *Czech Journal of Genetics and Plant Breeding* 46(2): 54-63.
- Seed and Plant Improvement Institute. 2013. Available at Web site: [www.spii.ir/spSPII/default.aspx?Page= Document & app = Documents & docId=11952&docParId=11470](http://www.spii.ir/spSPII/default.aspx?Page=Document&app=Documents&docId=11952&docParId=11470)
- Steppuhn, H., Van Genuchten, M.T., and Grieve, C.M. 2005. Crop ecology, management and quality: Root-zone Salinity: I. Selecting a product-yield index and response function for crop tolerance. *Crop Science* 45(1): 209-220.
- Van Genuchten, M.T. 1983. Analyzing crop salt tolerance data: Model description and user's manual. UDSA, ARS, U.S. Salinity Lab. Research Report No. 120. U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Van Genuchten, M.T., and Hoffman, G.J. 1984. Analysis of crop salt tolerance data. In: I. Shainberg and J. Shalhevet (Eds.). *Soil Salinity under Irrigation Process and Management*. Ecological Studies 51. Springer-Verlag. New York p. 258-271.
- Wang, D., Poss, J.A., Donovan, T.J., Shannon, M.C., and Lesch, S.M. 2002. Biophysical properties and biomass production of elephant grass under saline conditions. *Journal of Arid Environments* 52(4): 447-456.
- Weibull, W. 1951. A statistical distribution function of wide application. *Journal of Applied Mechanics* 18: 293-297.



Simulating Durum Wheat (*Triticum turgidum* L.) Response to Root Zone Salinity based on Statistics and Macroscopic Models

V.R. Jalali^{1*} and S. Asadi Kapourchal²

Submitted: 19-12-2015

Accepted: 13-04-2016

Jalali, V.R., and Asadi Kapourchal, S. 2017. Simulating durum wheat (*Triticum turgidum* L.) response to root zone salinity based on statistics and macroscopic models. Journal of Agroecology 9(2): 520-534.

Introduction

Salinity as an abiotic stress can cause excessive disturbance for seed germination and plant sustainable production. Salinity with three different mechanisms of osmotic potential reduction, ionic toxicity and disturbance of plant nutritional balance, can reduce performance of the final product. Planning for optimal use of available water and saline water with poor quality in agricultural activities is of great importance. Wheat is one of the eight main food sources including rice, corn, sugar beet, cattle, sorghum, millet and cassava which provide 70-90% of all calories and 66-90% of the protein consumed in developing countries. Durum wheat (*Triticum turgidum* L.) is an important crop grows in some arid and semi-arid areas of the world such as Middle East and North Africa. In these regions, in addition to soil salinity, sharp decline in rainfall and a sharp drop in groundwater levels in recent years has emphasized on the efficient use of limited soil and water resources. Consequently, in order to use brackish water for agricultural productions, it is required to analyze its quantitative response to salinity stress by simulation models in those regions. The objective of this study is to assess the capability of statistics and macro-simulation models of yield in saline conditions.

Material and Methods

In this study, two general approach of simulation includes process-physical models and statistical-experimental models were investigated. For this purpose, in order to quantify the salinity effect on seed relative yield of durum wheat (Behrang Variety) at different levels of soil salinity, process-physical models of Maas & Hoffman (1977), van Genuchten & Hoffman (1984), Dirksen et al. (1993) and Homaei et al. (2002b) models were used. Also, statistical-experimental models of Modified Gompertz Function, Bi-Exponential Function and Modified Weibull Function were used too. In order to get closer to real conditions of growth circumstances in saline soils, a natural saline water was taken from Maharlu Lake, Fars province, Iran. This natural and highly saline water with electrical conductivity of 512 dS.m⁻¹ diluted with fresh water to obtain the designated saline waters required for the experimental treatments. The designed experimental treatments were consisted of a non-saline water and five salinity levels of 2, 4, 6, 8 and 10 dS/m with three replicates. Three statistics of modified coefficient efficiency (E'), modified index of agreement (d') and coefficient of residual mass (CRM) were used to compare the used models and to assess their performances.

Results and Discussion

Comparing the relative performance of models based on statistical indices of Modified Coefficient Efficiency (E') and Modified Index of agreement (d') indicated that the nonlinear model of Homaei et al. (2002b) is most accurate between process-physical models and Modified Gompertz Function is most accurate between statistical-experimental models. Comparison assessment of all models based on statistical index indicated that Homaei et al. model was the most accurate model for simulation of durum wheat yield. This is while the parameters of Homaei et al. (2002b) equation is well-defined concept and is easily measurable, but in statistical-experimental models, parameters of each model have no biophysical concept and the absolute values of each parameter do not express any information about development status of the plant. So, the nonlinear model of Homaei et al. was chosen as the optimal model in this research.

1 and 2- Assistant Professor, Department of Soil Science Engineering , Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman and Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: v.jalali@uk.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.51978

Conclusion

Most of the plants such as wheat, are sensitive to salinity and by increasing the age, their sensitivity to salinity are reduced. Based on the obtained results of this study, by knowing and quantitative assessment of the dominant cultivars sensitivity of each region, as well as using appropriate simulation models, one can use brackish or saline waters to partly compensate fresh water shortage for scientific and extension Agricultural programs.

Keywords: Environmental stress, Modified Gompertz Function, Saline water, Simulation



تأثیر رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم کرمانشاه

حمزه فعله کری¹، محمد اقبال قبادی^{2*}، مختار قبادی³، سعید جلالی هنرمند³ و محسن سعیدی³

تاریخ دریافت: 1394/12/23

تاریخ پذیرش: 1395/02/18

فعله کری، ح، قبادی، م.ا، قبادی، م، جلالی هنرمند، س، و سعیدی، م. 1396. تأثیر رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم کرمانشاه. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 535-544.

چکیده

طی سالیان اخیر پدیده ریزگردها و یا به عبارت بهتر طوفان‌های گرد و خاک به یکی از مشکلات عمده کشور تبدیل شده است که علاوه بر کاهش کیفیت هوا تأثیری سوء بر سلامت جامعه دارد. ریزگردها با رسوب بر اندام‌های گیاهی و همچنین کاهش میزان نور رسیده به آن‌ها تأثیر زیادی در کاهش عملکرد محصولات زراعی دارند. به همین منظور آزمایشی به صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه در سال زراعی 1393-94 به انجام رسید. تیمار آبیاری به عنوان فاکتور اصلی در دو سطح شامل آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف دهی و دیم نخود (*Cicer arietinum* L.) در کرت‌های اصلی قرار گرفتند و اعمال ریزگردها به عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفت. اعمال ریزگردها به صورت اعمال ریزگرد (اسپری کردن) بود و تیمارهای آن شامل: (1) شاهد (بدون هیچ گونه تیماری) (2) اعمال ریزگرد در مرحله رویشی، (3) اعمال ریزگرد در مرحله غلاف‌دهی، (4) اعمال ریزگرد در مرحله پرشدن غلاف، (5) شستشو در اواخر مرحله رویشی، (6) شستشو در اواخر مراحل غلاف‌دهی و (7) شستشو در اواخر مرحله رویشی و غلاف‌دهی بود. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که آبیاری تکمیلی و رسوب ریزگردها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد دارند. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد و اجزای آن شد. با اعمال ریزگرد در مراحل رویشی، غلاف‌دهی و پرشدن غلاف عملکرد دانه به ترتیب 38، 28 و 27 درصد کاهش یافت که بیشترین کاهش عملکرد مربوط به مرحله رویشی بود. اما با شستشوی سطح برگ در اواخر مراحل رویشی و غلاف‌دهی کاهش عملکرد برابر 22 درصد بود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، کاهش عملکرد، مراحل رشد

مقدمه

تحت تأثیر این پدیده قرار گرفته‌اند، مناطق جنوبی و غربی است (Prospero et al., 2002). طی دهه‌های گذشته وقوع پدیده ریزگردها در خاورمیانه به صورت نگران کننده‌ای به دلیل بروز جنگ‌های بین‌المللی، ساخت سدها، فرسایش بادی و خشکسالی افزایش پیدا کرده است. ریزگردهای تولید شده در این منطقه همچنین دارای اثرات سوئی بر سلامتی انسان، آب و هوا می‌باشند و همچنین باعث کاهش عملکرد محصولات زراعی در سطح وسیع می‌شوند (Wijayratne et al., 2009; Raja et al., 2014; Laghari & Zaidi, 2013).

ریزگردهای به وجود آمده در خاورمیانه باعث به وجود آمدن

ریزگردها یکی از آلودگی‌های زیست محیطی هستند که در سال‌های اخیر با شدت بیشتری مناطق غرب، جنوب غربی، جنوب شرق و مرکز ایران را فرا گرفته‌اند (Yang et al., 2008). کشور ایران به دلیل همجوار بودن با بخش وسیعی از پهنه‌های بیابانی تحت تأثیر اثرات نامطلوب این پدیده قرار می‌گیرد. از مهمترین نواحی ایران که

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری زراعت، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه
(*) - نویسنده مسئول: (Email: eghbalghobadi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v9i2.54549

تأثیر رسوب ریزگردها و همچنین بررسی راه‌های مقابله با رسوب ریزگردها می‌باشد. بنابراین، با نتایج به‌دست آمده از این آزمایش می‌توان خسارت دقیق حاصل شده از ریزگردها را محاسبه نمود و راهکارهایی را جهت مقابله با آن‌ها پیشنهاد نمود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی 1393-94 اجرا شد. مزرعه آزمایشی در سال قبل آیش و دارای بافت لوم رسی، با میزان نیتروژن 0/12 درصد، فسفر هشت میلی‌گرم و پتاس 370 میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. این طرح به‌صورت اسپلیت‌پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد، تیمار آبیاری به‌عنوان فاکتور اصلی در دو سطح شامل آبیاری تکمیلی در مرحله غلاف دهی و دیم در کرت‌های اصلی قرارگرفتند و اعمال ریزگردها بر گیاه نخود به‌عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفت. اعمال ریزگردها به‌صورت محلول‌پاشی (اسپری کردن) بود و تیمارهای آن شامل؛ (1) شاهد (بدون هیچ گونه تیماری) (2) اعمال ریزگرد در مرحله رویشی، (3) اعمال ریزگرد در مرحله غلاف‌دهی، (4) اعمال ریزگرد در مرحله پرشدن غلاف، (5) شستشو در اواخر مرحله رویشی، (6) شستشو در اواخر مراحل غلاف‌دهی و (7) شستشو در اواخر مراحل رویشی و غلاف‌دهی بودند. تاریخ کاشت نخود 15 اسفند و 1393 تراکم در متر مربع 40 بوته بود، طی مراحل داشت و قبل از غلاف‌دهی عملیات مبارزه با علف‌های هرز صورت گرفت. آبیاری تکمیلی در مرحله 50 درصد غلاف‌دهی و برداشت در تاریخ 2 تیر 1394 انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات وابسته به عملکرد، سطحی به اندازه یک مترمربع برداشت شد و پس از رسیدگی کامل بوته‌ها، عملکرد دانه، عملکرد کل، شاخص برداشت، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و ارتفاع ساقه اندازه‌گیری شد.

محصول مورد نظر نخود و رقم مورد استفاده بیونج بود. اندازه ذرات ریزگرد کمتر از 100 میکرومتر و میزان ریزگرد مورد استفاده در متر مربع پنج گرم بود. برای تولید ریزگرد از الک آزمایشگاهی 100 میکرومتری که دارای استاندارد ASTM E11 هستند، استفاده شد (E11-15، 2015). آمار هواشناسی شهرستان کرمانشاه در جدول 1 آمده‌است. با توجه به متغیر بودن بارندگی و همچنین دما طی سال‌های مختلف، لذا آگاهی یافتن از میزان بارش رخ داده طی سال زراعی ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین، مشخصات هواشناسی محل

مشکلات زیست محیطی شده‌اند. تأثیر منفی ریزگردها که شامل سیمان، مشتقات نفتی، ریزگردهای حاصل زغال سنگ، دود حاصل از اتومبیل‌ها و سایر انواع ریزگردها می‌باشد بر پارامترهای مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهان مختلف تأثیر می‌گذارد، محققین مختلفی این نتایج را گزارش نموده‌اند (Verma & Naidoo & Chirkoot, 2004; Singh, 2006; Pandey & Kumar, 2004; Saha & Padhy, 2011; Prajapati & Tripathi, 2008). طوفان‌های ریزگرد با رسوب بر سطح گیاهان باعث کاهش رشد پوشش گیاهی و همچنین مانع رسیدن نور به گیاهان و خسارت به بافت‌های گیاهی از طریق فیزیکی و شیمیایی می‌شوند (Naidoo & Chirkoot, 2004; Prajapati, 2012; Prajapati, 2012). زیبا خان و همکاران (Zia-Khan et al., 2015) کاهش عملکردی در حدود 28 درصد در پوشش گیاهی پنبه تحت تأثیر رسوب ریزگردها گزارش کرده بود، حداکثر عملکرد حدود هشت تن در هکتار و در شرایطی به‌دست آمده بود که برگ‌ها با آب شستشو داده شده بودند.

علاوه بر تأثیر ریزگردها بر محصولات زراعی، خشکی نیز از عمده‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد (Jia et al., 2005; Araus et al., 2002; Rahmani et al., 2016) و این مشکل در ترکیب با عوامل فیزیکی و محیطی باعث تشدید تنش در گیاه شده و رشد را کاهش می‌دهند. خشکی باعث تأخیر یا عدم استقرار گیاهچه شده و موجب تضعیف و یا از بین رفتن گیاهچه‌ها می‌گردد و شرایطی را برای حمله بیماری‌ها و آفات گیاهی و تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در متابولیسم گیاهان به‌وجود می‌آورد و در نهایت، عملکرد را کاهش می‌دهد که حتی در موارد جزئی نیز خسارت‌زا می‌باشد (Laghri & Zhang et al., 2005; Sun et al., 2006; Zaidi, 2013). وقوع تنش خشکی در مراحل حساس رشد گیاهان زراعی خسارت جبران‌ناپذیری بر عملکرد آن‌ها وارد می‌سازد. حساس‌ترین مرحله تنش رطوبتی در نخود (*Cicer arietinum* L. مرحله غلاف‌دهی و شروع پر شدن دانه می‌باشد، بنابراین انجام آبیاری تکمیلی در این مرحله از رشد گیاه ضمن کاهش خسارت، عملکرد را افزایش می‌دهد (Garg & Singla, 2009).

ریزگردها با رسوب بر اندام‌های گیاهی و همچنین کاهش میزان نور رسیده به آن‌ها تأثیر زیادی در کاهش عملکرد محصولات زراعی دارد (Leghari et al., 2015; Wu et al., 2012). هدف از این آزمایش تعیین میزان کاهش عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت

آزمایش از نظر دما و بارندگی در سال زراعی 1393-94 در جدول 1 از میانگین بلند مدت (445)، 210 میلی‌متر کمتر است. آمده است. میزان بارندگی در این سال زراعی 233/5 میلی‌متر بود که

جدول 1- میزان بارندگی، دمای حداقل، حداکثر و میانگین شهر کرمانشاه در سال زراعی 1393-94

Table1- Amount of precipitation, minimum temperature, maximum temperature and mean temperature Kermanshah city 2014-2015

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	58.4	37.4	36.5	12.5	5.6	22.8	49.9	6.9	3.5
دمای حداقل (درجه‌سانتی‌گراد) Minimum temperature (°C)	2.6	-2.4	-3	-7.9	-7.5	-7	-1.7	0.7	9.9
دمای حداکثر (درجه‌سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	32.6	23.6	24.2	17.9	18.7	21	28.6	33.5	39.0
دمای میانگین (درجه‌سانتی‌گراد) Mean temperature (°C)	18.9	9.8	7.1	3.4	7.3	7.4	12.3	19.3	26.0

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر آبیاری بر تمامی صفات به‌جز شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول 2). تأثیر اعمال ریزگردها نیز بر تمامی صفات به‌جز وزن صد دانه معنی‌دار بود. اثر متقابل آبیاری و اعمال ریزگرد بر صفات عملکرد کل، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف و تعداد شاخه فرعی معنی‌دار شد (جدول 2).

در جدول 3 نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود نشان داده شده است. با توجه به نتایج حاصل از این جدول رسوب ریزگردها باعث کاهش عملکرد دانه، عملکرد کل، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه فرعی شده است به‌طوری‌که با اعمال ریزگرد در مرحله رویشی عملکرد دانه 38 درصد کاهش یافت. با انجام آیشویی به‌ویژه در دو مرحله اواخر رویشی و غلاف‌دهی به‌دلیل اینکه ریزگردهای رسوب کرده بر سطح برگ شسته شدند. بنابراین، سطح فتوسنتزی بیشتری را برای برگ فراهم نموده و درصد کاهش عملکرد دانه تا حدودی جبران نموده است. در این آزمایش آیشویی در اواخر مراحل رویشی و

غلاف‌دهی عملکرد دانه را به‌میزان 22 درصد کاهش داد که این نتایج با یافته‌های زیا خان و همکاران (Zia-Khan et al., 2014) مطابقت دارد. چوهان و جوشی (Chauhan & Joshi, 2010) و چایوراسیا (Chaurasia, 2013) گزارش کردند که رشد و عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در مناطق همجوار کارخانه سیمان (0/5 کیلومتر) کاهش پیدا کرد. آرمبروست (Armbrust, 1986) کاهش در وزن خشک گیاه را بعد از سه روز از اعمال ریزگردها را گزارش نمود. اعمال ریزگرد تعداد شاخه فرعی نخود را کاهش داد. در حالی‌که اعمال ریزگرد تأثیری بر وزن صد دانه و ارتفاع بوته نداشت، چوراسیا و همکاران (Chaurasia, 2013) گزارش کردند که رسوب ریزگردها باعث کاهش ارتفاع بوته گندم در مناطق همجوار کارخانه‌های سیمان می‌شود. همچنین ارتفاع گیاه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در اثر وقوع ریزگردها کاهش پیدا کرد (Gordon et al., 2013). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تکمیلی و رسوب ریزگردها در جدول 4 نمایش داده شده است. بیشترین عملکرد کل و عملکرد دانه در اثر متقابل آبیاری تکمیلی و شرایط شاهد (بدون اعمال ریزگرد) به‌دست آمد.

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر آبیاری تکمیلی و اعمال ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود
Table 2- Analysis of variance (mean of squares) for effect supplemental irrigation and dust apply on yield and yield components of chickpea

ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف	وزن 100 دانه	تعداد دانه در بوته	شاخص برداشت	عملکرد دانه	عملکرد کل	درجه آزادی	منابع تغییرات
Plant height	Number of lateral branches	No. of pods/plant	100-seed weight	No. of seed/plant	HI	Seed yield	Biological yield	df	S.O.V
9.66*	0.20*	606.95 ^{ns}	1.53 ^{ns}	0.04 ^{ns}	8.603 ^{ns}	3.81 ^{ns}	131.64 ^{ns}	2	تکرار (R) Replication (R)
974.70**	89.38**	1129632.00**	1096.71**	216.92**	32.28 ^{ns}	19157.36**	103592.75**	1	آبیاری تکمیلی (I) Supplemental irrigation (I)
2.99	0.20	277.71	0.88	0.24	5.80	6.96	139.34	2	خطا (a) Error (a)
2.62 ^{ns}	0.49**	23485.97**	7.42 ^{ns}	15.05**	99.98**	1265.07**	7654.64**	6	اعمال ریزگرد (D) Dust apply (D)
2.32 ^{ns}	3.49*	7512.89**	9.26 ^{ns}	5.55**	36.98**	253.79**	2801.64**	6	I*D
2.73	0.048	747.29	8.34	0.30	9.34	31.45	109.59	24	خطا (b) Error (b)
5.94	13.75	9.16	10.39	7.34	6.63	6.94	5.90	-	ضریب تغییرات (%) CV (%)

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی دار، اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.
ns، * and **: are non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین اثر ساده رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود
Table 3- Means comparison of simple effects of dust application on yield and yield components of chickpea

ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی	تعداد غلاف در دانه	وزن 100 دانه (گرم)	تعداد دانه در بوته	شاخص برداشت (%)	عملکرد کل (گرم در متر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	اعمال ریزگرد
Plant height (cm)	Number of lateral branches	No. of pods/plant	100-seed weight (g)	No. of seeds/plant	HI (%)	Biological yield (g.m ⁻²)	Seed yield (g.m ⁻²)	Dust apply
27.80 ^a	6.40 ^a	12.38 ^a	24.16 ^a	12.35 ^a	45 ^{a-d}	251.19 ^a	110.27 ^{a*}	A
28.37 ^a	5.50 ^b	8.47 ^{cd}	23.20 ^a	8.52 ^{cd}	45 ^{a-d}	149.23 ^d	67.86 ^c	B
27.56 ^a	5.87 ^b	9.35 ^{bc}	22.61 ^a	9.27 ^{bc}	41 ^d	189.87 ^b	79.37 ^b	C
28.72 ^a	5.87 ^b	9.43 ^{bc}	24.45 ^a	9.45 ^b	50 ^{ab}	161.61 ^{cd}	79.52 ^b	D
26.93 ^a	5.58 ^b	7.95 ^d	24.57 ^a	7.8 ^d	41 ^d	163.13 ^{cd}	67.34 ^c	E
27.09 ^a	5.79 ^b	7.82 ^d	26.12 ^a	7.7 ^d	51 ^a	148.97 ^d	75.79 ^{bc}	F
28.16 ^a	5.79 ^b	9.97 ^b	24.24 ^a	9.85 ^b	50 ^{ab}	177.32 ^{bc}	85.20 ^b	G

* میانگین های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن (Duncan) اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد دارند.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan test at $P \leq 0.05$.

A: شاهد (بدون تیمار)، B: اعمال ریزگرد در مرحله رویشی، C: اعمال ریزگرد در مرحله غلاف دهی، D: اعمال ریزگرد در مرحله پرشدن غلاف،

E: شستشو در اواخر مرحله رویشی، F: شستشو در اواخر مراحل غلاف دهی و G: شستشو در اواخر مرحله رویشی و غلاف دهی

A: Control (non-treatment), B: Dust deposition at vegetative stage, C: Dust deposition at podding stage, D: Dust deposition at pod filling, E: Washing at the end of vegetative stage, F: Washing at the end of podding stage and G: Washing at the end of vegetative and podding stages.

در این شرایط عملکرد کل برابر 341 گرم در متر مربع و عملکرد دانه برابر 144 گرم در متر مربع به دست آمد. خورگامی و همکاران

آزمایش بیشترین شاخص برداشت مربوط به اثر متقابل آبشویی در اواخر مراحل رویشی و غلافدهی با تیمار دیم بود که البته اختلاف معنی‌داری با اثر متقابل دیم و اعمال ریزگرد در مرحله پرشدن غلاف نداشت. تنش خشکی باعث کاهش تعداد غلاف در بوته نسبت به تیمار آبیاری تکمیلی شد، خورگامی و رفیعی (Khourgami et al., 2009) نیز نتایج مشابهی را گزارش نموده‌اند. بیشترین تعداد غلاف در بوته در اثر متقابل آبیاری تکمیلی و شرایط شاهد (بدون اعمال ریزگرد) به‌دست آمد.

تعداد دانه در بوته در شرایط آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم افزایش معنی‌داری نشان داد. قاسمی گل‌عذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani et al., 2013) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند. بیشترین تعداد دانه در بوته در اثر متقابل آبیاری تکمیلی و شرایط شاهد (بدون اعمال ریزگرد) به‌دست آمد. با انجام آبیاری تکمیلی اختلاف چندانی در وزن صد دانه نخود به‌دست نیامد. بیشترین وزن 100 دانه (34/34 گرم) در اثر متقابل آبیاری تکمیلی و شستشو در اواخر مرحله غلافدهی به‌دست آمد. با آبشویی در اواخر مراحل رویشی و غلافدهی تعداد دانه بیشتری نسبت به سایر تیمارهای اعمال ریزگرد به‌دست آمد. با توجه به اینکه اعمال تنش در مراحل رویشی و غلافدهی تأثیر بیشتری بر تعداد دانه در بوته دارد بنابراین انتظار می‌رود با توجه به اینکه تعداد دانه در بوته در مرحله غلافدهی تعیین می‌شود اعمال ریزگرد در مرحله پرشدن غلاف تأثیر زیادی بر تعداد دانه در بوته نداشته باشد.

نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تنش خشکی به همراه ریزگردها باعث کاهش عملکرد و اجزاء عملکرد می‌شوند، عملکرد دانه در هر دو شرایط آبی و دیم ریزگرد حداکثر بود که با اعمال ریزگرد از عملکرد دانه کاسته شد. استفاده از آبشویی (شبیه سازی آبیاری بارانی) در اواخر مراحل رویشی و غلافدهی کاهش عملکرد را تا حدودی جبران نمود. تعداد دانه در بوته نیز یکی دیگر از صفاتی است که به‌شدت تحت تأثیر آبیاری تکمیلی و ریزگرد قرار گرفته است، در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار شاهد (بدون اعمال ریزگرد) مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق تأثیر سوء تنش خشکی و وقوع ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد مشخص می‌شود.

(Khourgami et al., 2009) گزارش نمودند که آبیاری تکمیلی در مرحله 50 درصد گلدهی تأثیر مثبتی بر عملکرد دانه عدس (*Lens culinaris* L. دارد، به‌صورتی که عملکرد دانه در این حالت به 1895 کیلوگرم در هکتار نیز می‌رسد. با اعمال ریزگرد در مراحل مختلف از عملکرد دانه کاسته شد، به‌طوری که با اعمال ریزگرد در مراحل رویشی، غلافدهی و پرشدن دانه عملکرد دانه در شرایط دیم 35، 15 و 30 درصد به‌ترتیب نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. زیا خان و همکاران (Zia-Khan et al., 2014) گزارش کردند که میانگین کاهش عملکرد پنبه تحت تأثیر رسوب ریزگردها برابر 28 درصد بود. پاراسد و اینامدار (Prasad & Inamdar, 1990) کاهش 50 درصدی در تعداد گل‌های موجود در غلاف نخود سیاه را گزارش نمودند. در آزمایشی که از خاکستر بادی روی گیاهان ذرت (*Zea mays* L.) و سویا (*Glycine max* L.) به میزان‌های 2، 4 و 8 گرم در متر مربع به‌مدت 30 روز (15 تا 45 روز اول رشد) استفاده شده بود، در پایین‌ترین غلظت هر دو گیاه افزایش ارتفاع، فعالیت متابولیک، مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی و وزن خشک نشان دادند. بالاترین غلظت ریزگرد ماده خشک کل و مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی را کاهش داد (Wu et al., 2012; Leghari et al., 2015).

با اعمال ریزگرد در تیمار آبیاری تکمیلی درصد کاهش عملکرد نسبت به شاهد در مراحل رویشی، غلافدهی و پرشدن دانه به‌ترتیب برابر 41، 35 و 28 درصد بود. مطالعه‌ای که به بررسی تأثیر ریزگردهای حاصل از خرد کردن نوعی سنگ بر گیاه نخود انجام شده بود نشان داد که سرعت جوانه‌زنی، ارتفاع گیاه، غلظت کلروفیل، کربوهیدرات‌های کل، غلظت پروتئین و عملکرد دانه به‌شدت تحت تأثیر اعمال ریزگردها قرار گرفتند (Sharma & Kumar, 2015). با آبشویی در اواخر مراحل رویشی، غلافدهی و اواخر رویشی و غلافدهی عملکرد دانه نسبت به زمانی که ریزگردها اعمال شدند تغییر چندانی در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم نداشت. تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد کل نخود نسبت به شرایط مناسب رطوبتی می‌شود، با توجه به اینکه اختلاف عملکرد دانه و عملکرد کل در تیمار تنش خشکی کمتر از آبیاری تکمیلی می‌باشد بنابراین، انتظار می‌رود که در شرایط دیم برداشت بالاتری به‌دست آید که نتایج این تحقیق این امر را نشان می‌دهد. در این

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری تکمیلی و رسوب ریزگردها بر عملکرد و اجزاء عملکرد نخود

Table 4- means comparison of interaction effects between supplemental irrigation and dust apply on yield and yield components of chickpea

آبیاری تکمیلی	اعمال ریزگرد	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	ماده خشک کل (گرم در متر مربع)	شاخص برداشت (%)	تعداد دانه در تک بوته	وزن صد دانه (گرم)	تعداد غلاف در بوته	تعداد شاخه فرعی
Supplemental irrigation	Dust apply (DA)	Seed yield (g.m ⁻²)	Biological yield (g.m ⁻²)	HI (%)	No. of seeds/plant	100-seed weight (g)	No. of pods/plant	Number of lateral branches
شاهد (دیم)	A	76.15 ^{d*}	161.4 ^d	47.19 ^{c-f}	6.80 ^e	28.09 ^{bcd}	278.7 ^d	5.24 ^a
	B	49.14 ^{fg}	111.5 ^{ef}	44.06 ^{efg}	4.17 ^h	29.57 ^{abc}	173.3 ^g	3.89 ^a
	C	64.96 ^e	168.6 ^{cd}	38.55 ^g	6.23 ^{ef}	26.14 ^{bcd}	246.7 ^{de}	4.35 ^a
	D	54.33 ^{fg}	102.6 ^f	53.02 ^{ab}	4.47 ^h	30.76 ^{ab}	184.0 ^{fg}	4.57 ^a
	E	46.57 ^g	112.5 ^{ef}	41.42 ^{fg}	3.83 ^h	30.38 ^{ab}	156.0 ^g	4.05 ^a
	F	57.76 ^{ef}	111.6 ^{ef}	52.05 ^{abc}	4.80 ^{gh}	30.09 ^{abc}	198.7 ^{efg}	4.29 ^a
	G	66.95 ^{de}	125.5 ^e	53.61 ^a	5.60 ^{fg}	30.08 ^{abc}	229.3 ^{def}	4.21 ^a
آبیاری تکمیلی	A	144.4 ^a	341.0 ^a	42.31 ^{efg}	14.15 ^a	25.64 ^{bcd}	562.0 ^a	7.55 ^a
	B	86.61 ^c	187.0 ^c	46.41 ^{c-f}	9.12 ^c	23.76 ^d	354.0 ^c	7.11 ^a
	C	93.77 ^c	211.1 ^b	44.47 ^{ef}	8.55 ^{cd}	27.47 ^{bcd}	351.3 ^c	7.38 ^a
	D	104.7 ^b	220.6 ^b	47.50 ^{b-e}	10.68 ^b	24.53 ^{cd}	420.7 ^b	7.18 ^a
	E	88.13 ^c	213.8 ^b	41.38 ^{fg}	8.02 ^d	27.54 ^{bcd}	330.0 ^c	7.13 ^a
	F	93.81 ^c	186.3 ^c	50.44 ^{a-d}	6.85 ^e	34.34 ^a	276.7 ^d	7.30 ^a
	G	103.5 ^b	229.2 ^b	45.13 ^{def}	10.35 ^b	25.10 ^{bcd}	418.0 ^b	7.36 ^a

* میانگین‌های با حروف متفاوت بر اساس آزمون دانکن (Duncan) اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد دارند.

* Means with different letters are significantly different based on Duncan test at $P \leq 0.05$.

A: شاهد (بدون هیچ گونه تیماری)، B: اعمال ریزگرد در مرحله رویشی، C: اعمال ریزگرد در مرحله غلاف‌دهی، D: اعمال ریزگرد در مرحله پرشدن غلاف، E: شستشو در

اواخر مرحله رویشی، F: شستشو در اواخر مراحل غلاف‌دهی و G: شستشو در اواخر مرحله رویشی و غلاف‌دهی

A: Control (non-treatment), B: Dust deposition at vegetative stage, C: Dust deposition at podding stage, D: Dust deposition at pod filling, E: Washing at the end of vegetative stage; F: Washing at the end of podding stage and G: Washing at the end of vegetative and podding stages.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش تنش خشکی و رسوب ریزگردها باعث عدم دریافت نور کافی توسط برگ‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز، تعرق و افزایش دمای برگ می‌شود. عملکرد و اجزای عملکرد نخود در مراحل مختلف رشد به‌شدت تحت تأثیر ریزگردها قرار می‌گیرند. رسوب ریزگردها باعث کاهش عملکرد دانه، عملکرد کل، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه فرعی شده است، به‌طوری‌که با اعمال ریزگرد در مرحله رویشی عملکرد دانه 38 درصد کاهش یافت. با انجام آبیاری به‌ویژه در دو

مرحله اواخر رویشی و غلاف‌دهی به‌دلیل اینکه ریزگردهای رسوب کرده بر سطح برگ شسته شدند، بنابراین، سطح فتوسنتزی بیشتری را برای برگ فراهم نموده و درصد کاهش عملکرد دانه تا حدودی جبران نموده است. در این آزمایش آبیاری در اواخر مراحل رویشی و غلاف‌دهی عملکرد دانه را به‌میزان 22 درصد کاهش داد. پیشنهاد می‌شود که از گیاهان زراعی دیگری از قبیل گندم، جو (*Hordeum vulgare* L.)، ذرت و همچنین انجام آزمایش در مناطق جنوب، شرقی و مرکزی ایران استفاده شود.

منابع

- Araus, J., Slafer, G., Reynolds, M., and Royo, C. 2002. Plant breeding and drought in C₃ cereals: what should we breed for? *Annals of Botany* 89(7): 925-940.
- Armbrust, D. 1986. Effect of particulates (dust) on cotton growth, photosynthesis, and respiration. *Agronomy Journal* 78 (6): 1078-1081.

- Chauhan, A. and Joshi, P. 2010. Effect of ambient air pollutants on wheat and mustard crops growing in the vicinity of urban and industrial areas. *New York Science Journal* 3 (2): 52-60.
- Chaurasia, S. 2013. Effect of cement industry pollution on chlorophyll content of some crops at Kodinar, Gujarat, India. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* 3(4): 288.
- E11-15, A. 2015. Standard Specification for Woven Wire Test Sieve Cloth and Test Sieves, ASTM International.
- Garg, N., and Singla, R. 2009. Variability in the response of chickpea cultivars to short-term salinity, in terms of water retention capacity, membrane permeability, and osmo-protection. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 33(1): 57-63.
- Ghassemi-Golezani, K., Ghassemi, S., and Bandehhagh, A. 2013. Effects of water supply on field performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *International Journal of Agronomy and Plant Production* 4(1): 94-97.
- Gordon, C., Darko, E., Addo, M., and Nyarko, B. 2013. Contamination of soils and loss of productivity of Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) caused by cement dust pollution. *Field Crops Research* 11 (2): 456-463.
- Jia, X., Li, X., and Xiao, H. 2005. Effect of irrigation and fertilization on nitrogen leach loss in field of arid Sha potou area. *Journal of Desert Research* 2: 11-19.
- Leghari, S., and Zaid, M.A. 2013. Effect of air pollution on the leaf morphology of common plant species of Quetta city. *Pakistan Journal of Botany* 45(1): 447-454.
- Leghari, S.K., Zaid, M.A., Sarangzai, A.M., Faheem, M. and Shawani, G.R. 2015. Effect of road side dust pollution on the growth and total chlorophyll contents in *Vitis vinifera* L.(grape). *African Journal of Biotechnology* 13(11): 110-117.
- Naido, G., and Chirkoot, D. 2004. The effects of coal dust on photosynthetic performance of the mangrove, *Avicennia marina* in Richards Bay, South Africa. *Environmental Pollution* 127(3): 359-366.
- Pandey, D., and Kumar, K. 2004. Effect of cement dust pollution on nutritional quality of *Cynodon dactylon*. *Environment and Ecology* 22: 775-777.
- Prajapati, S.K. 2012. Ecological effect of airborne particulate matter on plants. *Environmental Skeptics and Critics* 1(1): 12-19.
- Prajapati, S.K., and Tripathi, B.D. 2008. Seasonal variation of leaf dust accumulation and pigment content in plant species exposed to urban particulates pollution. *Journal of Environmental Quality* 37(3): 865-870.
- Prasad, M., and Inamdar, J. 1990. Effect of cement kiln dust pollution on black gram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Proceedings: Plant Sciences* 100(6): 435-443.
- Prospero, J.M., Ginoux, P., Torres, O., Nicholson, S.E. and Gill, T.E. 2002. Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the Nimbus 7 Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product. *Reviews of Geophysics* 40(1): 142-151.
- Rahmani, M., Jami Al-Ahmadi, M., Shahidi, A., and Hadizadeh Azghandi, M. 2016. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) (Case study: Birjand plain). *Journal of Agroecology* 7(4): 443-460. (In Persian with English Summary)
- Raja, R., Nayak, A., Rao, K., Puree, C., Shahid, M., Panda, B., Kumar, A., Tripathi, R., Bhattacharyya, P., and Baig, M. 2014. Effect of fly ash deposition on photosynthesis, growth and yield of rice. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 93 (1): 106-112.
- Saha, D.C., and Padhy, P.K. 2011. Effects of stone crushing industry on Shorea robusta and Madhuca indica foliage in Lalpahari forest. *Atmospheric Pollution Research* 2 (4): 463-476.
- Sun, H. Y., Liu, C.M., Zhang, X.Y., Shen, Y.J., and Zhang, Y.Q. 2006. Effects of irrigation on water balance, yield and WUE of winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 85(1): 211-218.
- Verma, N., and Singh, S. 2006. Biochemical and ultrastructural changes in plant foliage exposed to auto- pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* 120: 585-602.
- Wijayratne, U.C., Scoles-Sciulla, S. J., and Defalco, L.A. 2009. Dust deposition effects on growth and physiology of the endangered *Astragalus Jaegerianus* (Fabaceae). *Madroño* 56(2): 81-88.
- Wu, S., Mickley, L.J., Kaplan, J., and Jacob, D.J. 2012. Impacts of changes in land use and land cover on atmospheric chemistry and air quality over the 21st century. *Atmospheric Chemistry and Physics* 12(3): 1597-1609.
- Yang, Y., Hou, Q., Zhou, C., Liu, H., Wang, Y., and Niu, T. 2008. Sand/dust storm processes in Northeast Asia and

- associated large-scale circulations. *Atmospheric Chemistry and Physics* 8(1): 25-33.
- Zhang, X., Chen, S., Liu, M., Pei, D., and Sun, H. 2005. Improved water use efficiency associated with cultivars and agronomic management in the North China Plain. *Agronomy Journal* 97(3): 783-790.
- Zia-Khan, S., Spreer, W., Pengnian, Y., Zhao, X., Othmanli, H., He, X., and Müller, J. 2014. Effect of dust deposition on stomatal conductance and leaf temperature of cotton in Northwest China. *Water* 7(1): 116-131.



Effect of Dust Deposition on Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under Rain Fed and Supplemental Irrigation Conditions in Kermanshah

H. FeleKari¹, M.E. Ghobadi^{2*}, M. Ghobadi³, S. Jalali-Honarmand³ and M. Saeidi³

Submitted: 13-03-2016

Accepted: 07-05-2016

Felegari, H., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., Jalali-Honarmand, S., and Saeidi, M. 2017. Effect of dust deposition on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rain fed and supplemental irrigation conditions in Kermanshah. Journal of Agroecology 9(2): 535-544.

Introduction

Dust storms over Middle East are one of the most important environmental and pollution problems. In order to assess the effects of dust deposition and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea, an experiment was conducted at the research farm of Agriculture and Natural Resources Campus of Razi University, Kermanshah, in 2013-2014 growing season based on RCDB with three replicates. Treatments of the experiment included supplemental irrigation as the main plot factor with 2 levels (No-irrigation and irrigation at podding stage), and dust deposition as the sub plot factor with 7 levels (Control, dust application at vegetative stage, dust application at podding stage, dust application at pod filling stage, Washing at the end of vegetative stage, Washing at the end of podding stage and Washing at the end of vegetative and podding stages). Supplemental irrigation and dust deposition had significant effect on yield and yield components of chickpea. Drought stress reduced yield and yield components. With dust application at vegetative stage (67.86 g.m^{-2}), podding stage (79.37 g.m^{-2}) and pod filling (79.52 g.m^{-2}) seed yield reduced. With Washing leaves at the end of vegetative and podding stages seed yield (85.20 g.m^{-2}) increased.

Material and Methods

This study was conducted during 2013-2014 at the research Farm of Razi university in Kermanshah state in the west of Iran ($47^{\circ} 9' \text{ E}$ and $34^{\circ} 21' \text{ N}$), 1319 meters above sea level. The soil of the research area was clay loam (36.1% clay, 30.7% silt) and was cultivated with chickpea previously. Treatments included supplemental irrigation as the main plot at 2 levels (control (non-irrigation) and irrigation at podding stage). Other treatments included dust deposition as the sub plot at 7 levels (Control (non-treatment, dust application at vegetative stage, dust application at podding stage, dust application at pod filling stage, Washing at the end of vegetative stage, Washing at the end of podding stage and Washing at the end of vegetative and podding stages). Experiment was a randomized complete block design with three replications. The Analysis of variance using SAS softwares was performed for studied parameters. The means were compared using Duncan test at level of 0.05 probabilities.

Results and Discussion

Dust particles deposited on chickpea leaves resulted in the reduction of the total dry matter and seed yield. Interaction of supplemental irrigation and dust deposition on biological yield, seed yield, harvest index, number of seeds per plant, number of pods per plant and number of lateral branches were significant. The highest biological and seed yield were obtained due to the interaction of Supplemental irrigation and Control (no dust deposition) with 341 and 144 g.m^{-2} , respectively. Zia-Khan et al., (2015) reported the mean reduction of yield in the dusted treatment was about 28%, indicating that the stress conditions in this experiment were relatively severe. Chaurasi et al (2013) reported a decrease in dry matter of groundnut planted in the vicinity of a cement factory, and an increasing rate of groundnut dry matter accumulation was observed while the distance of farm and factory increased. By cleaning the dust particles of the leaves at the end of growth and podding stages, carbon assimilation and finally grain yield slightly increased. This findings are also according to Zia-khan et al., 2014. Chouhan & Joshi (2010) reported that the growth of wheat at 0.5km distance from a Cement industry was lesser than to plants farther from the cement industry. Armbrust (1986) reported a decrease in dry matter accumulation

1, 2 and 3- PhD Graduated of Agroecology, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Razi University, Kermanshah, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.54549

after three days of dust application.

Conclusion

According to the results of this experiment, the drought stress and the dust deposition on leaf surfaces, cause a reduction in light absorption of leaves, reduction stomata conductance, photosynthesis and transpiration and increase leaf temperature. The results of this study show that yield and yield components of chickpea adversely affected by dust deposition at different growth stages. Future researches should focus on the effect of dust deposition on other crops like wheat and the ability of crops to capture the dust deposition in different climatic regions.

Keywords: Air pollution, Growth stage, Yield reduction



ارزیابی عملکرد علوفه و دانه گیاهان چند ساله با نیاز آبی کم در اراضی زراعی رها شده

غلامعلی گزانچیان^{1*}، محمدتقی کاشکی²، سید وجیه ا. میرعلوی³ و علی اسلامی³

تاریخ دریافت: 1395/03/31

تاریخ پذیرش: 1395/06/07

گزانچیان، غ.ع.، کاشکی، م.ت.، میرعلوی، س.و. و اسلامی، ع. 1396. ارزیابی عملکرد علوفه و دانه گیاهان چند ساله با نیاز آبی کم در اراضی زراعی رها شده. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 545-558.

چکیده

نوسانات بارندگی، محدود شدن منابع آبی و شور شدن چاه‌ها و رها شدن زمین‌های زراعی و به‌دنبال آن فرسایش خاک، همگی تهدیدات بزرگی برای اراضی زراعی به‌شمار می‌روند. در این راستا توجه به پایداری تولید از طریق استفاده از گیاهان کم‌توقع (نیاز آبی و کودی پایین و کنترل‌کننده علف‌هرز) و فرصت‌طلب در استفاده از بارش‌های فصلی از قبیل گیاهان چند ساله مرتعی می‌تواند گزینه قابل تأملی باشد. در این راستا جهت تعیین بهترین الگوی کشت در استفاده بهینه از منابع خاکی و آبی اراضی کشت و صنعت مزرعه نمونه آستان قدس رضوی اقدام به کشت گیاهان چندساله کم‌توقع از خانواده گندمیان و لگومینوز در زمین‌های زراعی رها شده از سال 1391 طی دو سال گردید. در این آزمایش 10 گونه از گندمیان دائمی شامل چاودار کوهی (*Secale montanum* Guss.)، چمن گندمی بلند (*Agropyron elongatum* Host.)، چمن گندمی میانی (*Agropyron intermedium* Host.)، چمن گندمی تاج خروسی (*Agropyron cristatum* L.)، چمن گندمی رونده (*Agropyron repense* L.)، فتن بلند (*Festuca arundinaceae* Schreb.)، جارو علفی جویباری (*Bromus riparius* Rehm.)، علف پشمکی (*Bromus inermis* Leyss.)، علف باغ (*Dactylis glomerata* L.)، ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz.) و دو گونه لگوم شامل اسپرس (*Onobrychis sativa* Lam.) و شبدر قرمز (*Trifolium pratense* L.) که در نیمه دوم آبان ماه 1391 کشت و برداشت در مرداد ماه 92 و 93 انجام گردید. پس از کاشت، آبیاری دو نوبت انجام شد و از نیمه اردیبهشت پس از خاتمه بارندگی‌ها آبیاری هر 22 روز یک‌بار تا مرداد ماه انجام شد. نتایج نشان داد که متوسط عملکرد ماده خشک در سال‌های 1392 و 1393 به ترتیب 1432 و 3663 کیلوگرم در هکتار بود. در سال 1393 از بین گراس‌ها، بالاترین عملکرد علوفه خشک مربوط به گونه‌های چمن گندمی بلند و چاودار کوهی (به ترتیب 10584 و 4029 کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد دانه گراس‌های پایای مورد مطالعه در سال دوم در گونه چمن گندمی بلند 185 و در گونه چمن گندمی تاج خروسی 1085 کیلوگرم در هکتار متفاوت بود. نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد گراس‌های پایا در سال اول بسیار اندک بوده و از نظر رقابت با علف‌های هرز ضعیف عمل نمودند، ولی در سال دوم عملکرد ماده خشک افزایش معنی‌داری نشان داد. همچنین مهمترین عوامل مؤثر در افزایش عملکرد دانه تعداد پنجه در بوته، بالا بودن درصد پنجه بارور و تعداد دانه در سنبله بود. بنابراین استفاده از گونه‌های کم‌نهاده به‌ویژه گونه‌های جنس آگروپایرون با کمترین میزان آبیاری در اراضی فاریاب به جهت تولید علوفه و یا عملکرد دانه امکان پذیر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکی، کشاورزی پایدار، گندمیان، لگومینوز

مقدمه

خشکی یک پدیده طبیعی و رویداد اقلیمی بوده که در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به دلیل بارش کم، تبخیر زیاد و به دنبال آن کاهش رطوبت خاک ایجاد می‌شود. از نظر تناسب سطح مناطق خشک ایران با جهان، ایران روی کمر بند خشک جهان قرار گرفته و

1، 2 و 3- به ترتیب دانشیار پژوهش، دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی مشهد و کارشناس زراعت، مزرعه نمونه کشت و صنعت آستان قدس رضوی
(* - نویسنده مسئول: (Email: a.gazanchian@areeo.ac.ir)

64/6 درصد از مساحت آن دارای اقلیم خشک و فراخشک است که 3/3 برابر درصد جهانی (19/6 درصد) است. بر مبنای سه معیار طبقه بندی یونسکو (رژیم رطوبتی، تیپ زمستان و تابستان) 28 پهنه اقلیمی در ایران قابل تشخیص می‌باشد که از این تعداد شش ناحیه اقلیمی در طبقات خشک قرار داشته و بیش از 90 درصد کشور ایران را شامل می‌شود (Ghafari et al., 2015). همچنین نرخ سالانه فرسایش خاک در ایران تا 33 تن در هکتار گزارش شده که پنج تا شش برابر حد مجاز است. میانگین سالانه فرسایش خاک نیز به حدود 15 تن در هکتار رسیده که سه برابر متوسط قاره آسیا است (Ghorbani, 2001; Soil Science Society of Iran, 2011). جهانی در سال 2005 میلادی خسارت ناشی از فرسایش خاک در ایران در سال 2002 میلادی معادل 2840 میلیون دلار برآورد شده که این رقم 2/5 درصد از کل تولید ناخالص داخلی¹ بود (World Bank, 2005). از طرفی افزایش تقاضا برای حفر چاه و آبیاری زمین‌های کشاورزی سبب شده است تا سطح آب زیرزمینی را تا حد بحرانی پایین نگه دارد. تمامی این موارد نشان‌دهنده افزایش تولید به قیمت تخریب منابع دیگر و استفاده غیر اصولی از آن است لذا هزینه تمام شده تولید غیر قابل تصور خواهد بود.

از طرفی، در کشور 90 درصد تولید پروتئین از طریق منابع دامی تأمین می‌شود که با توجه به عدم تولید علوفه کافی فشار اصلی تولید پروتئین بر منابع طبیعی و مراتع تحمیل می‌شود. از آنجایی که در حال حاضر بخش قابل توجهی از خوراک دام به صورت واردات از سایر کشورها تأمین می‌شود توسعه تولید علوفه یکی از مسائل اساسی و ضروری کشور می‌باشد. همچنین با توجه به نیاز کشور در زمینه مهار خشکی و صرف هزینه‌های زیادی در راستای جبران خسارت ناشی از خشکی و خشکسالی در سال‌های خشک، داشتن برنامه‌ای مشخص برای مقابله با پیامدهای خشکی و داشتن تولید پایدار امری ضروری به نظر می‌رسد. در این راستا تداوم و تکرار خشکسالی‌های اخیر و یا نوسانات شدید بارندگی، لزوم تغییر الگوی کشت به نفع استفاده از گونه‌های پایای (دائمی) مقاوم به خشکی و شوری که سالیان دراز با این اقلیم سازگار بوده و مورد چرای مستقیم دام‌ها واقع شده اند در اراضی رها شده کشاورزی را به‌خوبی توجیه می‌نماید. وجود گیاهان دائمی در تثبیت هر چه بیشتر خاک و حفظ حاصلخیزی

آن، استفاده بهینه از بارش‌های خارج فصل زراعی، جلوگیری از روان شدن آب‌ها و مصون نگه داشتن اراضی زراعی رها شده از خطر سیلاب، افزایش نفوذ پذیری آب در خاک و کمک به تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی و نهایتاً تولید علوفه و بذر حائز اهمیت می‌باشند (Gazanchian et al., 2007).

بررسی ارزیابی ارقام و جمعیت‌های دو گونه مرتعی چمن گندمی تاج خروسی (*A. cristatum* L.) و چمن گندمی میانی (Host.) *Elymus hispidus* syn. *A. intermedium* جهت اندازه‌گیری عملکرد و کیفیت علوفه در شرایط آب و هوایی مشهد تحت شرایط فاریاب نشان داد که بالاترین عملکرد علوفه خشک طی سه چین در سال به میزان 15/2 تن در هکتار مربوط به چمن گندمی تاج خروسی بود (Dashti et al., 2010). در بررسی دیگر تولید دانه و عملکرد علوفه در 31 جمعیت علف‌گندمی بیابانی (*Agropyrum desertorum* L.) با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی در منطقه اراک با میانگین 350 میلی‌متر بارندگی نشان داد که میانگین عملکرد وزن خشک علوفه این جمعیت‌ها بیش از دو تن در هکتار بوده که از بین آن‌ها چهار جمعیت، متحمل به خشکی شناخته شده و برای کشت در مراتع مناطق خشک معرفی شدند (Jafari et al., 2008). بررسی عملکرد و کیفیت علوفه 18 اکوتیپ چمن گندمی تاج خروسی به منظور اصلاح مراتع و ایجاد چراگاه در مناطق نیمه استپی لرستان به این نتیجه دست یافتند که در شرایط طبیعی، شش اکوتیپ این گونه با مجموع عملکرد 1450-1770 کیلو در هکتار بیشترین ماده خشک علوفه را تولید کرده که در بین آن‌ها دو اکوتیپ دارای سازگاری بیشتری بودند که برای تبدیل دیم‌زارهای کم‌بازده و اصلاح و احیاء مراتع معرفی شدند (Rahmani et al., 2006). در بررسی هانگ و همکاران (Huang et al., 1997) اثر تنش خشکی بر روی هفت گونه و رقم گراس دائمی فصل گرم طی 60 روز تیمار خشکی و 14 روز آبیاری مجدد، مشاهده کردند چهار رقم گراس از گونه‌های چمن گرمسیری (*Eremochloa ophiaroides* (Munro) Hack.) و ارزن باتلاقی (*Paspalum vaginatum* Sw.) طی مدت تیمار خشکی و آبیاری مجدد توانسته‌اند تولیدی برابر با شاهد داشته باشند. این نتایج نشان می‌دهد که رشد مجدد توانایی جبران کاهش تولید زمان تنش را دارد. همچنین گرانچیان و همکاران (Gazanchian et al., 2007) در بررسی اثر تنش خشکی و آبیاری مجدد در مراحل اولیه رویش هفت گونه علف‌گندمی دائمی فصل سرد، به این نتیجه رسیدند

شرایط کم آبی و یا آبیاری محدود ضمن تغییر الگوی کاشت و استفاده بهینه از اراضی زراعی کم بازده، حرکت به سمت کشاورزی پایدار را ترسیم کند.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی (قطعه 34) واقع در اراضی منطقه طرق مشهد در طول و عرض جغرافیایی به ترتیب $36^{\circ} 22'$ و $56^{\circ} 69'$ روی 10 گونه از گندمیان و دو گونه از خانواده لگوم در سال‌های زراعی 1391-92 و 1392-93 اجرا شد. گونه‌های مورد مطالعه در جدول 1 آمده است.

که طی دوره تنش خشکی رشد اندام‌های زیر زمینی حدود 22 درصد افزایش یافته و با آبیاری مجدد سرعت رشد گیاهان تحت تنش خشکی 43 درصد بیشتر از شاهد بودند. به طوری که گونه چمن گندمی بلند (*A. elongatum* Host.) از پتانسیل تولید بالایی در هر دو محیط تنش و شاهد برخوردار بود. بر اساس مطالعه دیهیم و همکاران (Deihimfard, et al., 2016) بر اساس تغییر اقلیم در حال حاضر و با توجه به افزایش میزان تبخیر و تعرق در مناطق خشک و نیمه خشک توجه به الگوی کشت مناسب می‌تواند تا حدی از مخاطرات پیش رو را در تولید محصولات کشاورزی کاهش دهد. هدف این تحقیق، تأکید بر انتخاب بهترین گونه‌های علوفه‌ای چند ساله با نیاز آبی پایین با عملکردی قابل قبول بوده که بتواند در

جدول 1- مشخصات گونه‌های مورد مطالعه با میزان بذر مصرفی و وزن هزار دانه
Table 1- Characteristics of the studied species for seeding rate and 1000-seed weight

ردیف No.	گونه Species	نام فارسی Persian name	خانواده Family	میزان بذر مصرفی (کیلوگرم بر هکتار) Seeding rate (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
1	<i>Agropyron elongatum</i> Host.	چمن گندمی بلند	Poaceae	10	6.1
2	<i>Agropyron cristatum</i> L.	چمن گندمی تاج خروسی	Poaceae	5	2.1
3	<i>Agropyron intermedium</i> Host.	چمن گندمی میانی	Poaceae	7	3.4
4	<i>Agropyron repense</i> L.	چمن گندمی رونده	Poaceae	6	3.2
5	<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	فتان بلند	Poaceae	6	2.6
6	<i>Bromus inermis</i> Leyss.	علف پشمکی	Poaceae	7	3.6
7	<i>Bromus reparius</i> Rehmman	جارو علفی جویباری	Poaceae	7	3.5
8	<i>Dactylis glomerata</i> L.	علف باغ	Poaceae	5	1.1
9	<i>Panicum antidotale</i> Retz.	ارزن پادزهری	Poaceae	5	1.2
10	<i>Secale montanum</i> Guss.	چاودار کوهی	Poaceae	20	18.2
11	<i>Onobrychis sativa</i> Lam.	اسپرس	Fabaceae	15	13
12	<i>Trifolium pratense</i> L.	شیدر قرمز	Fabaceae	10	5.2

برگردان در عمق 30 سانتی‌متر گردید سپس دو دفعه دیسک زده شد و با فاروئر خطوط کشت با فاصله ردیف 50 سانتی‌متر پیاده گردید. گونه‌های مورد مطالعه در نیمه دوم آبان ماه 1391 در کرت‌هایی به ابعاد 20 × 6 متر با فاصله ردیف 50 سانتی‌متر (12 خط به طول 20 متر) با میزان بذر مصرفی بر اساس منابع در جدول 1 آمده و با توجه به درصد خلوص فیزیکی و قوه نامیه بر اساس وزن زنده خالص² (حاصل ضرب درصد جوانه‌زنی در خلوص فیزیکی بذر) کشت گردید. پس از کاشت آبیاری طی دو نوبت به فاصله هر 10 روز انجام شد. با

خصوصیات خاک محل آزمایش بر اساس مثلث بافت خاک، بافت لومی (33 درصد شن، 44 درصد لای و 23 درصد رس) تشخیص داده شد. همچنین سایر خصوصیات خاک شامل ظرفیت اشباع 42/31 درصد، اسیدیته 7/74، هدایت الکتریکی 3/04 میلی‌موس بر سانتی‌متر، ماده آلی یا کربن خاک 0/7 درصد، میزان مواد خثی شونده (درصد آهک)¹ 0/54 و میزان ازت خاک 0/56 درصد، فسفر 12/5 میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم 338 میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. جهت آماده‌سازی زمین برای کاشت در پاییز ابتدا اقدام به شخم

2- Pure live seed

1- Total neutralizing value

انجام شد. خصوصیات آب آبیاری که از ترکیب آب سه چاه استفاده شده است در جدول 1 آمده است.

توجه به بارش‌های پاییزه و زمستانه تا اواخر فروردین آبیاری صورت نگرفت و از نیمه اردیبهشت (زمان خاتمه بارش‌های بهاری) تا مرداد ماه آبیاری هر 22 روز یک‌بار به صورت کرتی در حد ظرفیت زراعی

جدول 2- خصوصیات آب آبیاری گونه‌های مورد مطالعه از ترکیب سه چاه با شوریه‌های متفاوت

Table 2- Characteristics of irrigation water from combined three wells with different salinity on the studied species

خصوصیت Property	چاه 28 Well No. 28	چاه 29 Well No. 29	چاه 30 Well No. 30
اسیدیته pH	7.27	7.16	7.60
هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ¹ (dS.m ⁻¹)	2.18	2.25	5.93
مجموع مواد جامد محلول (TDS ²)	1395	1440	3729
نسبت سدیم قابل جذب (SAR ³)	6.32	6.43	10.06

استقرار اولیه، از بین رفت بنابراین از مجموع گونه‌های کشت شده صرفاً تعداد 11 گونه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. جهت تجزیه واریانس صفات شمارشی از تبدیل داده جذری برای نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شد. همچنین تجزیه واریانس بر اساس میانگین مربعات صفات با استفاده از آزمون F و مقایسه میانگین به روش حداقل اختلاف میانگین (LSD⁴) در سطح پنج درصد با نرم‌افزار SAS ver.7 انجام شد.

نتایج و بحث

سال اول (92-1391)

نتایج تجزیه واریانس در سال اول نشان داد که اختلاف گونه‌ها از نظر استقرار، ارتفاع و عملکرد ماده خشک بسیار معنی‌دار ($P \leq 0.001$) بود (جداول 3 و 4). روند درصد استقرار گونه‌های مورد مطالعه در سال اول متفاوت بود. متوسط استقرار گونه‌های مورد مطالعه 71 درصد بود که کمترین در گونه ارزن پادزهری 13 درصد و بیشترین در چاودار کوهی (*S. montanum* Guss.) 99 درصد بود. متوسط ارتفاع بوته در گونه‌های مورد مطالعه 53 سانتی‌متر بود بیشترین ارتفاع بوته در گونه‌های چمن گندمی بلند و چاودار کوهی به ترتیب 112 و 94 سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته 22 سانتی‌متر را جارو علفی جویباری (*B. riparius* Rehman) نشان دادند (جدول 5). روند

از آنجایی که در این بررسی جهت پاسخ گونه‌های مورد مطالعه به شرایط محیطی آزمایش، نیاز به کشت در سطح وسیع و کرت بزرگ بود ابتدا هر گونه در کرت‌های 120 مترمربعی استقرار یافته و جهت مقایسه از طریق نمونه‌گیری از هریک از جوامع گیاهی استفاده شده است. به این ترتیب آنالیز واریانس به صورت یک‌طرفه با تغییرات گونه‌های مورد مطالعه دنبال گردید. تعداد نمونه برای صفات تخریبی (عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی) چهار کوادرات یک متر مربعی از طریق نمونه‌گیری تصادفی و برای سایر صفات مرفولوژیکی با 10 نمونه (تکرار) مورد بررسی گرفت همچنین تعداد 14 صفت شامل، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، تعداد بذر در سنبله (گندمیان)، خوشه یا ساقه گلدهنده (لگوم‌ها) و وزن بذر در سنبله، خوشه یا ساقه گلدهنده (10 بوته از هر کرت) و تعداد ساقه زایا (دارای خوشه) و ساقه عقیم در مترمربع، درصد باروری، عملکرد بیولوژیک (کاه و دانه)، عملکرد دانه (kg.ha^{-1})، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به مجموع کاه و دانه)، درصد خلوص بذر، درصد جوانه‌زنی بذر پس از برداشت و درصد خلوص فیزیکی بذر اندازه‌گیری شدند. درصد جوانه‌زنی بذر (ملاک جوانه‌زنی خروج سه میلی‌متر ریشه چه از بذر) طی 10 روز در دمای 22 درجه سانتی‌گراد در شرایط ژرمیناتور اندازه‌گیری شد. در سال دوم شبدر قرمز (*Trifolium pratense* L.) پس از

1- Electrical conductivity

2- Total dissolved solids

3- Sodium adsorption ratio

4- Least significant difference

تغییرات عملکرد ماده خشک در سال اول استقرار 12 گونه مورد مطالعه به طور متوسط 1432 کیلوگرم در هکتار بوده که بیشترین میزان مربوط به گونه های چاودار کوهی و چمن گندمی بلند به ترتیب 5335 و 3729 کیلوگرم در هکتار بود. در سال اول ساقه گلدهنده به ویژه در گندمیان بسیار محدود بود (جدول 6).

جدول 3- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی در گونه های مورد مطالعه سال 1393
Table 3- Analysis of variance (mean of squares) for biological and economical yields on the studied species in 2014

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد استقرار Establishment percent	تعداد پنجه/ساقه بارور Number of fertile tillers/stem	تعداد پنجه/ساقه عقیم Number of sterile tillers/stem	درصد باروری Fertility percent	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد جوانه زنی بذر Seed germination percent
گونه Species	10	2763.6***	127.3***	145.6***	2341.5***	31370901.8***	321081.7***	6.4***	6274.8***
خطا Error	33	20.7	9.4	5.9	31.3	966805.3	26191.1	0.44	108.2
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		6.5	17.9	37.4	6.5	24.6	34.9	18.7	17.9

***: معنی دار در سطح احتمال 0/1 درصد
***: indicates significance at $p \leq 0.001$ probability level.

جدول 4- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیکی در گونه های مورد مطالعه سال 1393
Table 4- Analysis of variance (mean of squares) for morphological characteristics on the studied species in 2014

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد خلوص بذر Purity percent	ارتفاع Height	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	طول سنبله Spike length	تعداد بذر در سنبله Number of seeds per spike	وزن بذر در سنبله Weight of seeds per spike
گونه Species	10	3440.8***	3023.2***	30.6***	163.7***	87.4***	0.46***
خطا Error	99	50.3	121.0	2.2	7.1	3.5	0.02
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		23.3	12.1	27.1	23.4	59.0	57.7

***: معنی دار در سطح 0/1 درصد
***: indicates significance at $p \leq 0.001$ level.

کوهی نسبت به سایر گونه های گرامینه مورد مطالعه بالا بودن 7 تا 8 برابر وزن هزار دانه و بنیه بذر بوده است. همچنین گونه های چمن گندمی بلند و علف پشمکی (*B. inermis* Leyss.) با وزن هزار دانه بین سه تا شش گرم از درصد سبز شدن 80 درصد برخوردار بودند (جدول 1). برعکس درصد سبز شدن برخی از بذور ریز دانه از قبیل

در این پژوهش، گونه چاودار کوهی از سرعت استقرار بالایی نسبت به سایر گونه های مورد مطالعه برخوردار بوده و سریع تر در پاییز پوشش سبز در زمین ایجاد کرد. همچنین با کمترین دریافت آب شروع به سبز شدن کرده و به راحتی از بارش های فصل پائیز و زمستان استفاده کرده است. مهمترین دلیل استقرار بیشتر چاودار

عملکرد علوفه

گونه چمن گندمی تاج خروسی با 113 پنجه در بوته بیشترین و گونه چاودار کوهی با نه عدد کمترین پنجه در بوته را نشان دادند. همچنین در سال دوم درصد پنجه‌های بارور در گونه چمن گندمی بلند و در گونه فتن بلند (*F. arundinaceae* Schreb.) به ترتیب 18 و 76 درصد بوده و در بقیه گونه‌ها بین 80 تا 100 درصد بودند (جدول 7).

در سال دوم متوسط عملکرد ماده خشک 11 گونه مورد مطالعه در یکبار چین‌برداری به 3663 کیلوگرم در هکتار رسید در این میان نیز گونه چمن گندمی بلند با 10584 کیلوگرم در هکتار بالاترین عملکرد ماده خشک را نشان داده و کمترین را گونه‌های چاودار کوهی و اسپرس به ترتیب 1887 و 2561 کیلوگرم در هکتار تشکیل دادند (جدول 6). در مطالعه حاضر متوسط تولید علوفه گونه‌های مورد مطالعه در سال اول 1/4 تن در هکتار ولی در سال دوم به 3/6 تن در هکتار رسید که به‌طور متوسط افزایش عملکرد در گونه‌های مورد مطالعه 2/5 تا 3 برابر شده است. (جدول 5). یکی از دلایل عمده کاهش عملکرد ماده خشک به ویژه در گندمیان در سال اول سرمایه‌گذاری گیاهان چند ساله و هدایت مواد فتوسنتزی به خصوص در بخش زیر زمینی و توسعه ریشه در راستای بقای بیشتر می‌باشد. یکی از نکات مهم رشد گندمیان در سال اول، توانایی غلبه بر علف‌های هرز در سال اول است. در آزمایش حاضر در شرایط برابر تولید علوفه گونه‌های چمن گندمی بلند و علف پشمکی و فتن بلند در هر دو سال بالا بوده ولی رشد مناسب سال اول تأثیر مثبتی بر عملکرد سال دوم داشته است. در میان گونه‌های مورد مطالعه گونه چمن گندمی بلند یکی از متحمل‌ترین گونه‌های مورد بررسی به کم‌آبی بود و از تولید علوفه بالایی در هر دوسال برخوردار بود. مطالعه گارسیا و همکاران (Garcia et al., 2002) روی گونه چمن گندمی بلند نشان داد که طی 21 روز قطع آب مکانیسم‌های تحمل به خشکی در این گیاه از کاهش عملکرد علوفه جلوگیری کرده است. مکانیسم‌های تحمل به خشکی در این گونه حفظ محتوای نسبی آب برگ با تنظیمات اسمزی، کاهش تبخیر و تعرق و فعالیت‌های ضد سمیت خشکی (آنتی اکسیدانت‌ها) گزارش شده است (Gazanchian et al., 2007).

ارزن پادزهری نیز از سرعت سبز شدن کمتر و 12 درصد سبز شدن برخوردار بودند. در این زمینه تحقیقات متعددی به رابطه مثبت بین استقرار گیاهچه و اندازه دانه در گراس‌ها اشاره کرده‌اند (Sangakara et al., 1985; Sanderson et al., 2002; Gazanchian et al., 2006; Ansari, et al., 2011; Asay & Johnson, 1983). به‌ذکر است به درصد خلوص و وزن هزار دانه بذور در زمان کاشت بایستی توجه شود. همچنین تمهیدات لازم برای آماده‌سازی مناسب تر بذور ریز دانه بایستی در نظر گرفته شود. همچنین استقرار دو گونه لگوم اسپرس (*O. sativa* Lam.) و شبدر در آزمایش انجام شده در خاک لومی با متوسط شوری آب آبیاری 3/5 دسی‌زیمنس بر متر مورد مطالعه به ترتیب 87 و 71 درصد بود (جدول 5).

یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر تولید علوفه و یا بذور در گیاهان مرتعی دائمی به ویژه در اراضی دست کاشت موفقیت در مرحله سبز شدن و استقرار در اولین سال از دوره رشد می‌باشد. بذور گیاهان مرتعی به دلیل ریز بودن و یا بنیه کم در این مرحله جهت ایجاد سطح سبز مطلوب با مشکل مواجه بوده به‌ویژه اگر که شرایط خاک و آبیاری، تاریخ کاشت و عمق مناسب کشت و سایر عملیات مهم زراعی مورد توجه قرار نگیرد. در مطالعه حاضر گونه‌هایی که از استقرار کافی در سال اول برخوردار بودند نه تنها در سال اول تولید خوب بلکه این سطح سبز مطلوب در سال دوم نیز اثرات مثبت خود را نشان داد. به این ترتیب برای داشتن یک تولید خوب بایستی به یکنواختی و سرعت سبز شدن در سال اول توجه ویژه داشت. طی مطالعه‌ای در منطقه آریزونا گزارش شده که استقرار موفق و تراکم مناسب گیاهان مرتعی در سال اول روی عملکرد علوفه تا ده سال دیگر تأثیر معنی داری دارد (Cox & Jordan, 1983).

سال دوم (93-1392)

نتایج تجزیه واریانس در سال دوم نشان داد که اختلاف 11 گونه مورد مطالعه (10 گونه گندمیان و یک گونه لگوم برای تمامی صفات مورد بررسی شامل درصد استقرار، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، درصد پنجه بارور، عملکرد علوفه و دانه، شاخص برداشت (نسبت عملکرد دانه به مجموع عملکرد کاه و دانه)، تعداد دانه و وزن دانه در سنبله (گندمیان) و خوشه یا ساقه گلدهنده (لگوم‌ها) و درصد جوانه‌زنی بذور و درصد خلوص پس از برداشت بسیار معنی‌دار بود ($P \leq 0.001$) (جداول 3 و 4).

جدول 5- مقایسه میانگین درصد استقرار و ارتفاع بوته گونه‌های مورد مطالعه در مزرعه نمونه آستان قدس سال 1392 و 1393

Table 5- Mean comparisons of seedling establishment percent and plant height on the studied species at Mazra-e-Nemoneh of Astan Ghodes in 2014 and 2015

گونه	نام فارسی	درصد استقرار (1392)	ارتفاع (سانتی‌متر، 1392)	ارتفاع (سانتی‌متر، 1393)
Species	Persian name	Establishment percent (2013)	Height (cm, 2013)	Height (cm, 2014)
<i>Agropyron cristatum</i> L.	چمن گندمی تاج خروسی	76.3 ^{d*}	39.2 ^{cdef}	79.6 ^c
<i>Agropyron elongatum</i> Host.	چمن گندمی بلند	89.3 ^b	112.4 ^a	129.2 ^a
<i>Agropyron intermedium</i> Host.	چمن گندمی میانی	43.8 ^e	57.8 ^c	101.2 ^b
<i>Agropyron repense</i> L.	چمن گندمی رونده	71.2 ^d	44.1 ^{cde}	80.6 ^c
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	علف پشمکی	88.8 ^b	47.9 ^{cde}	101.9 ^b
<i>Bromus riparius</i> Rehmann	جارو علفی جویباری	30.3 ^f	21.9 ^f	62.7 ^d
<i>Dactylis glomerata</i> L.	علف باغ	74.5 ^d	42.9 ^{cde}	83.8 ^c
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	فتان بلند	81.3 ^{cd}	31.6 ^{ef}	83.6 ^c
<i>Panicum antidutata</i> Retz.	ارزن پادزهری	12.8 ^g	57.8 ^c	80.5 ^c
<i>Secale montanu</i> Guss.	چاودار کوهی	98.5 ^a	94.0 ^b	106.1 ^b
<i>Onobrychis sativa</i> Lam.	اسپرس	86.8 ^b	50.5 ^{cd}	76.2 ^c
<i>Trifolium pretense</i> L.	شبدر قرمز	70.5 ^d	32.3 ^{def}	-
میانگین		71	53	90
Mean				

*در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).

*Means with the same letter within each column are not significantly different by LSD test ($p \leq 0.05$).

گونه علف باغ (*D. glomerata* L.) با 75 درصد استقرار از سازگاری خوبی برخوردار بود. از طرفی تغییر رنگ برگ به رنگ آتشی و زرد در فصل تابستان در بین گونه‌های مورد مطالعه نشان از تحمل کمتر این گونه به افزایش مدت زمان دور آبیاری دارد (جدول 5).

عملکرد دانه

در مطالعه حاضر عملکرد دانه گندمیان پایای مورد مطالعه در سال دوم قابل اندازه‌گیری بوده و بین 185 تا 1082 کیلوگرم در هکتار متفاوت بود. بیشترین عملکرد دانه را گونه چمن گندمی تاج خروسی به میزان 1082 کیلوگرم در هکتار و کمترین را گونه‌های چمن گندمی رونده (*A. repense* L.) و چمن گندمی بلند به‌ترتیب 204 و 185 کیلوگرم در هکتار نشان داده و سایر گونه‌ها در شرایط حد واسط قرار داشتند (جدول 5). مهمترین عوامل مؤثر در عملکرد دانه، بالا بودن تعداد پنجه در بوته (درصد پنجه بارور) و تعداد دانه در سنبله بود این دو عامل در گونه چمن گندمی تاج خروسی در بیشترین حد و در گونه چمن گندمی بلند در کمترین مقدار بود. واگنر (Wagoner, 1990) دلایل کمبود عملکرد بذر در گندمیان چند ساله را طی 51 آزمایش روی 27 گونه نسبت به گونه‌های یک‌ساله به‌خاطر ذخیره

همچنین گونه فتان بلند از استقرار و سازگاری خوبی برخوردار بود. اگرچه در سال اول از کمترین ارتفاع و رشد زایشی برخوردار بود ولی خوشه‌دهی مطلوب از سال دوم به بعد شروع شد (جدول 5). همچنین از دلایل عدم گلدهی گراس‌ها در سال اول فرصت توسعه سیستم ریشه و سرمایه‌گذاری گیاه در بخش زیر زمینی در جهت بقای بیشتر می‌باشد. از آنجایی که یکی از پاسخ‌های این گونه به تنش خشکی با لوله شدن برگ‌ها آغاز می‌شود مشاهده این وضعیت در آبیاری 20 روز یکبار در این آزمایش پس از خاتمه بارندگی در فصل بهار به‌ویژه در تابستان سال اول مشهود بود بنابراین استفاده از این گونه برای تولید علوفه در سال اول به دور آبیاری کوتاه‌تری نیاز دارد. قمری زارع و همکاران (Ghamari Zare et al., 2004) اثر دور آبیاری (7، 14 و 21 روز) بر عملکرد کمی و کیفی ژنوتیپ‌هایی از فتان بلند در چین تابستانه در کرج را بررسی کرده و دریافتند که گرچه بیشترین میزان عملکرد در تیمار هفت روز آبیاری با میانگین هفت تن در علوفه خشک در هکتار به‌دست آمد ولی بین دور آبیاری 14 و 21 روز، اختلافی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها وجود نداشت. آن‌ها توصیه کرده‌اند اگر در مناطقی با کمبود آب مواجه باشیم، بهتر است به‌جای 14 روز هر 21 روز یک بار آبیاری این گونه صورت گیرد. در مطالعه حاضر

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد ماده خشک و دانه و شاخص برداشت گونه‌های مورد مطالعه در مزرعه نمونه آستان قدس طی سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

گونه Species	نام فارسی Persian name	عملکرد ماده خشک (کیلو گرم در هکتار، ۱۳۹۲) و عملکرد ماده خشک (کیلو گرم در هکتار، ۱۳۹۳)				شاخص برداشت (درصد، ۱۳۹۳) Harvest index (%, 2014)
		Dry matter yield (kg.ha ⁻¹ , 2013)	Dry matter yield (kg.ha ⁻¹ , 2014)	Seed yield (kg.ha ⁻¹ , 2014)	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار، ۱۳۹۳)	
<i>Agropyron cristatum</i> L.	چمن گندمی تاج خروسی	595.5 ^{ef}	4019.0 ^b	1081.5 ^a	26.9 ^{ab}	
<i>Agropyron elongatum</i> Host.	چمن گندمی بلند	3728.7 ^b	10584.0 ^a	185.5 ^f	1.7 ^f	
<i>Agropyron intermedium</i> Host.	چمن گندمی میانی	790.2 ^e	3176.3 ^{bced}	346.5 ^{def}	10.8 ^{def}	
<i>Agropyron repense</i> L.	چمن گندمی رونده	734.2 ^e	3275.8 ^{bced}	204.3 ^f	6.1 ^{ef}	
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	علف پشمکی	707.3 ^e	4028.8 ^b	593.8 ^c	15.8 ^{cd}	
<i>Bromus riparius</i> Rehmman	جارو علفی جویباری	187.8 ^f	3875.3 ^{chd}	826.8 ^b	21.4 ^{bc}	
<i>Dactylis glomerata</i> L.	علف باغ	880.4 ^{de}	2483.0 ^{de}	292.3 ^{ef}	11.9 ^{de}	
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	قنار بلند	1675.7 ^c	3940.3 ^{bc}	297.3 ^{ef}	7.6 ^{def}	
<i>Panicum antidotatum</i> Retz.	ارزن پادزهری	577.5 ^{ef}	4125.3 ^b	445.0 ^{de}	10.7 ^{def}	
<i>Secale montanum</i> Guss.	چاودار کوهی	5334.7 ^a	1886.8 ^e	577.5 ^{cd}	34.3 ^a	
<i>Onobrychis sativa</i> Lam.	اسپرس	1232.7 ^d	2560.5 ^{de}	255.5 ^{ef}	10.1 ^{def}	
<i>Trifolium pratense</i> L.	شبنم قرمز	744.7 ^e	-	-	-	
میانگین Mean		1432.45	3662.9	426	13.3	

انرژی در ریشه و زنده‌مانی در زمستان ذکر کرده که سبب می‌شود بخشی کمتری از مواد فتوسنتز به بذردهی اختصاص یابد. به این ترتیب عملکرد به‌طور متوسط 1000 کیلوگرم در هکتار می‌باشد. در گونه‌های مورد مطالعه شاخص برداشت بین 2 تا 34 درصد متفاوت بود. بیشترین شاخص برداشت را گونه‌های چاودار کوهی، چمن گندمی تاج خروسی و علف پشمکی به ترتیب 34، 27 و 16 درصد نشان دادند. سایر گونه‌ها به خاطر کاهش درصد باروری و یا پوکی بذر از شاخص برداشت کمتری برخوردار بودند (جدول 6). اگر چه که پایین بودن شاخص برداشت در گیاهان چند ساله به دلیل رشد ریشه و بقاء گیاه امری طبیعی می‌باشد. همچنین کاهش شاخص برداشت در گیاهان چند ساله به‌خاطر افزایش رشد رویشی نسبت به بخش اقتصادی و تولید دانه می‌باشد که ناشی از عقیم بودن پنجه‌ها و یا مواجه شدن زمان گرده‌افشانی با فصل گرما و عدم گرده‌افشانی کافی و پر شدن دانه و منجر شدن به پوکی بذر می‌باشد. در این راستا بیشترین بذر پوک را گونه‌های چمن گندمی بلند، چمن گندمی میانی و علف باغ نشان دادند و متقابلاً اسپرس و چاودار کمترین بذر پوک را داشته و سایر گونه‌ها در حد واسط بودند (جدول 7).

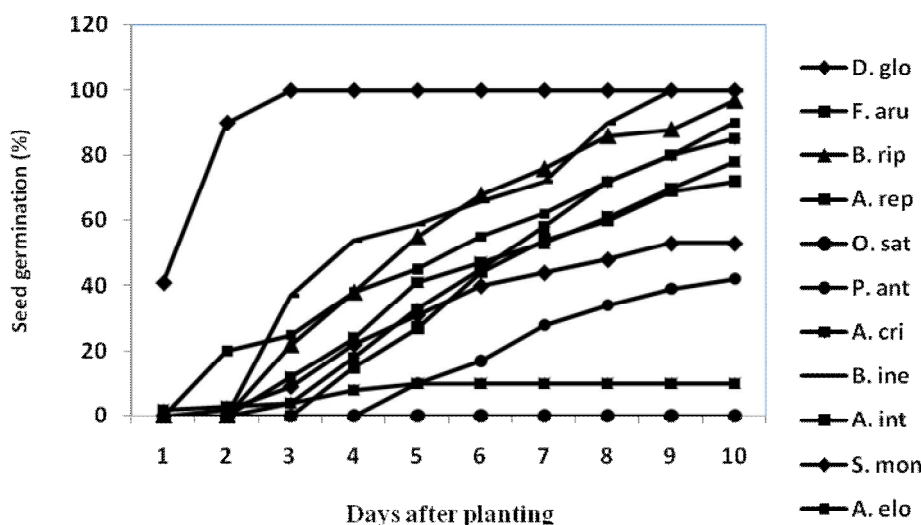
بررسی اجزاء عملکرد نشان داد که از نظر تعداد بذر در خوشه به‌طور متوسط تعداد بذر در خوشه و یا سنبله 20 عدد بوده که بیشترین را گونه‌های چمن گندمی تاج خروسی و چاودار کوهی 34 عدد و کمترین را گونه‌های چمن گندمی بلند و چمن گندمی میانی دو عدد را نشان دادند. همچنین گونه‌های چاودار کوهی و علف پشمکی از بیشترین وزن بذر در سنبله برخوردار بودند (جدول 7). بالاترین تعداد بذر در خوشه متعلق به گونه علف پشمکی بود و این نشان از موفقیت زمان گرده‌افشانی در اواخر اردیبهشت و سپس مرحله پر شدن دانه در خرداد ماه قبل از شروع فصل گرما در تابستان می‌باشد. گونه‌هایی از قبیل چمن گندمی بلند و میانی که مرحله گرده‌افشانی به زمان خشکی و گرمای شدید برخورد می‌کنند از درصد پوکی بیشتری برخوردار بودند.

نکته قابل توجه دیگر این که تمامی گندمیان پس از برداشت بذر قابلیت جوانه‌زنی خوبی داشته‌اند، ولی سرعت و بنیه گیاهچه متفاوتی از خود نشان داده‌اند. متوسط درصد خلوص فیزیکی بذور جمع‌آوری شده در سال دوم 39 درصد بود و گونه‌های چاودار کوهی، ارزن پادزهری، جارو علفی جویباری و علف باغ به ترتیب 95، 65، 58 و 16 درصد را نشان دادند (جدول 7).

جدول ۷- مقایسه میانگین اجزاء عملکرد و درصد جوانه زنی و خلوص بذر پس از برداشت در گونه‌های مورد مطالعه در مزرعه نمونه استان قزوین سال ۱۳۹۳
Table 7- Mean comparison of seed yield components and seed germination and seed purity after harvesting on the studied species at Mazra-e-Nemoneh of Astan Ghodes in 2014.

گونه Species	نام فارسی Persian name	تعداد پنجه در بوته Number of tillers per plant	درصد پنجه بارور Fertile tiller (%)	تعداد بذر در سنبله Number of seed per spike	وزن بذر در سنبله Weight of seed per spike (mg)	درصد خلوص بذر Seed purity (%)	درصد جوانه زنی بذر Seed germination (%)
<i>Agropyron cristatum</i> L.	چمن گندمی ناخ خروسی	112.5a*	95.3 ^{ab}	34 ^b	78 ^c	54.5 ^{cd}	85 ^{bc}
<i>Agropyron elongatum</i> Host.	چمن گندمی بلند	36.0 ^{bc}	15.0 ^f	4 ^d	10 ^c	9.0 ^g	90 ^{ab}
<i>Agropyron intermedium</i> Host.	چمن گندمی میانی	38.1 ^{bc}	80.0 ^{de}	30 ^c	152 ^{bc}	8.0 ^g	10 ^e
<i>Agropyron repense</i> L.	چمن گندمی رونده	31.7 ^c	85.3 ^{cd}	3 ^c	12 ^c	36.5 ^e	78 ^c
<i>Bromus inermis</i> Leyss.	علف پشمکی	47.9 ^{cde}	94.3 ^{ab}	92 ^a	308 ^b	57.5 ^{bc}	100 ^a
<i>Bromus riparius</i> Rehnmann	جارو علفی جویباری	17.2 ^{cd}	95.3 ^{ab}	6 ^c	14 ^c	40.1 ^e	97 ^{ab}
<i>Dactylis glomerata</i> L.	علف باغ	26.4 ^{cbd}	100.0 ^a	2 ^d	8 ^c	15.5 ^f	53 ^d
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	قنار بلند	29.4 ^{cbd}	76.0 ^e	15 ^{bc}	27 ^c	44.6 ^{de}	72 ^c
<i>Panicum antiditatum</i> Retz.	ارزن پادهری	22.7 ^{cbd}	90.0 ^{bc}	3 ^d	15 ^c	64.9 ^b	42 ^d
<i>Secale montanum</i> Guss.	چاودار کوهی	9.1 ^d	100.0 ^a	34 ^b	496 ^a	95.5 ^a	100 ^a
<i>Onobrychis sativa</i> Lam.	اسپرس	20.3 ^{cd}	94.3 ^{ab}	4 ^c	104 ^c	15.5 ^f	0 ^f
میانگین Mean		35.6	84.1	19.7	100	38.6	66.1

*Means with the same letter within each column are not significantly different by LSD test ($p \leq 0.05$).
**در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند ($p \leq 0.05$).



شکل 1- سرعت جوانه‌زنی بذر پس از برداشت طی 10 روز در گونه‌های مورد مطالعه در مزرعه نمونه آستان قدس سال 1393
Fig. 1- Seed germination rate after harvesting over 10 days on the studied species at Mazra-e-Nemoneh of Astan Ghodes in 2014

فرسایش خاک و تولید علوفه و دانه مد نظر قرار گیرد. از مهمترین مزایای این گونه‌ها استفاده از بارش‌های خارج فصل زراعی می‌باشد از آنجایی که این گونه جزء گراس‌های فصل سرد می‌باشند به راحتی از بارش‌های فصول پاییز و زمستان که تقریباً در کشور 75 درصد سهم بارش را تشکیل می‌دهد استفاده می‌کنند (FAO, 1997). همچنین تحمل بیشتر به مدار طولانی آبیاری در فصول گرم می‌باشد به طوری که می‌تواند با حداقل میزان آبیاری به صورت تکمیلی پس از خاتمه بارندگی در فصل بهار از تولید علوفه یا دانه قابل قبولی برخوردار باشند. از طرفی برخی از گونه‌ها از قبیل چمن گندمی تاج خروسی از پتانسیل عملکرد دانه بیشتری برای استفاده بهینه از این اراضی برخوردار بودند.

به این ترتیب، انتخاب گونه‌های برتر کم نیاز به آب با پتانسیل تولید بالا و کم هزینه از نظر کنترل علف‌های هرز و عملیات زراعی هر سال به دلیل پایا بودن میسر می‌باشد. از مهمترین نکات مؤثر در موفقیت توسعه کشت و استفاده از گونه‌های کم نهاده یا کم نیاز به ویژه کم آب طلب در اراضی زراعی رها رنده و یا کم بازده توجه به تاریخ کاشت مناسب منطبق بر بارش‌های منطقه و یا آبیاری‌های تکمیلی پس از کاشت در صورت نیاز، آماده سازی زمین، استفاده از بذر مرغوب با بینه بالا، استفاده از گونه‌های پرتولید و سازگار، کنترل علف‌های هرز به ویژه در مراحل اولیه گیاهچه می‌باشد. از طرفی، عملکرد

همچنین متوسط درصد جوانه‌زنی بذر پس از برداشت برای گونه‌های مورد مطالعه 66 درصد بود. همچنین بیشترین درصد جوانه زنی بذر را گونه‌های چاودار کوهی، چمن گندمی بلند، علف پشمکی، چمن گندمی تاج خروسی و جارو علفی جویباری به ترتیب 96، 90، 58، 55 و 40 درصد را نشان دادند. از طرفی، چمن گندمی میانی با 10 درصد کمترین میزان جوانه‌زنی بذر بلافاصله پس از برداشت را نشان داد (جدول 7). بررسی سرعت جوانه‌زنی بذر بلافاصله پس از برداشت طی 10 روز آزمایش نشان داد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر را گونه‌های چاودار کوهی، جارو علفی جویباری و علف پشمکی و گونه‌های چمن گندمی تاج خروسی و چمن گندمی رونده در حد واسط و کمترین را گونه چمن گندمی میانی اندازه گیری شدند (شکل 1). همچنین جنس اسپرس به خاطر بذر سخت درصد جوانه‌زنی نداشته و نیاز به شکستن خواب بذر از طریق حذف پوسته سخت بذر به روش اسکاریفیکاسیون دارد.

نتیجه گیری

از آنجایی که سطح اراضی زراعی رها شده یا کم بازده بخاطر کمبود آب آبیاری در کشور رو به افزایش است می‌توان بر اساس نتایج حاصله این را پیشنهاد نمود که استفاده از گونه‌های جنس آگروپایرون با هدف افزایش بهره‌وری از این اراضی و به منظور جلوگیری از

کشت‌های مخلوط، مکانیزه شدن عملیات زراعی می‌تواند از موفقیت‌های بیشتر این طرح در آینده باشد.

قدردانی

از مدیر عامل مزرعه نمونه کشت و صنعت آستان قدس رضوی جناب آقای مهندس اورعی به جهت فراهم نمودن امکانات اجرای پروژه سپاسگزاریم.

اقتصادی تولید علوفه و دانه در گیاهان چند ساله از سال دوم شروع شده و توجه به انتخاب گونه‌های سازگار در هر منطقه به‌ویژه عدم انطباق دوره گرده‌افشانی و یا پر شدن دانه با فصل گرما در افزایش عملکرد دانه مؤثر است. همچنین جهت تولید پایدار و برداشت اقتصادی توجه به آبیاری تکمیلی پس از خاتمه فصل بارندگی می‌تواند به افزایش عملکرد علوفه و دانه این گیاهان کمک کند.

به‌طور کلی توجه به کاهش هزینه‌های تولید (کنترل علف‌های هرز و مصرف کود)، انتخاب گونه‌های منطبق بر استفاده بهینه از بارش‌های طبیعی به‌ویژه در فصل سرما، چرای مستقیم دام، پیش‌بینی

منابع

- Ansari, K., Gazanchian, A., Saberi M., Bozorgmehr, A., and Jajarmi, V. 2011. Seedling emergence rate and factors affecting on seedling establishment of seven cool season perennial grasses in Bojnord (Sisab). Journal of Rangeland 4: 520-529. (In Persian with English Summary)
- Asay, K.H., and Johnson, D.A. 1980. Screening for improved stand establishment in Russian wild ryegrass. Canadian Journal of Plant Science 60: 1171-1177.
- Asay, K.H., and Johnson, D.A. 1983. Genetic variability for characters affecting stand establishment in crested wheatgrass. Journal of Range Management 36: 703-706.
- Cox, J.R., and Jordan, G.L. 1983. Density and Production of Seeded range grasses in southeastern Arizona (1970-1982). Journal of Range Management 36: 649-652.
- Dashti, M., Jafari, A.A., Saghaei Khadem, F., and Zarif Ketabi, H. 2010. Accessions evaluation tow rangeland species *Agropyron cristatum* L., *Elymus hispidus* Host. for yield and hey quality in Razavi Khorassan province. Research Final Report in and Natural Resources Research and Education Center of Khorassan. (In Persian with English Summary).
- Deihimfard, R., Eyni Nargeseh, H., and Haghighat, M. 2016. Zoning of drought incident in Fars province under climate change conditions using standardized precipitation index. Journal of Agroecology 7(4): 528-546. (In Persian with English Summary)
- FAO (Food and Agriculture Organization). 1997. Statistical data base. The state of Iran Agri-Food country profile. Rome. <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/aquastat/countries/iran/print1.stm>.
- Gazanchian, A., Khosh Kholgh Sima, N.A., Malboobi, M.A., and Majidi, E. 2005. Survival of perennial cool-season grasses under water stress conditions and after establishment. Iranian Journal of Natural Research 58(1): 217-229. (In Persian with English Summary)
- Gazanchian, A., Khosh Kholgh Sima, N.A., Malboobi, M.A., and Majidi, E. 2006. Relationship between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop Science 46: 544-553.
- Gazanchian, A., Hajheidari, M., Khosh Kholgh sima, N.A., and Hosseini Salekdeh, G. 2007. Proteome response of *Elymus elongatum* Host. to severe water stress and recovery. Journal of Experimental Botany 58: 291-300.
- Garcia, M.G., Busso, C.A., Polci, P., Garcia Girou, N.L., and Echenique, V. 2002. Water relations and leaf growth rate of three *Agropyron* genotypes under water stress. Biocell 26: 309-317.
- Ghafari, A., Ghasemi, V.R., and Diapo, A. 2015. Iran's agro-climatic zoning using UNESCO method. Iranian Journal of Dry Land Farming 4(1): 63-95. (In Persian with English Summary)
- Ghamari Zare, A., Ghasem Zadeh, A., and Jafari, A.A. 2004. Influence of irrigation interval on qualitative and quantitative yield of *Festuca arundinacea* Schreb. Genotypes in summer clipping. Iranian Journal of Rangelands Forests Plant Breeding and Genetic Research 12(4): 345-363. (In Persian with English Summary)
- Ghorbani, M. 2001. Economical analysis of soil erosion in Iran: Estimating the cost of water erosion. PhD Thesis, Agriculture Faculty of University of Tehran. (In Persian with English Summary)

- Huang, B., Duncan, R.R., and Carrow, R.N. 1997. Drought resistance mechanisms of seven warm season Turfgrasses under surface soil drying I. Shoot response. *Crop Science* 37: 1858-1863.
- Jafari A.A., Seydmohammadi A.R., Abdi, N., and Arefi, H.M. 2008. Seed and hey production in 31 genotypes of desert wheatgrass (*Agropyrum desertorum* L.) using drought tolerance indices. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 15(1): 114-128. (In Persian with English Summary)
- Rahmani, E., Jajari, A.A., and Torkaman, M. 2006. Study of yield and quality traits on 18 ecotypes of crested wheatgrass *Agropyrum cristatum* L. for pasture and rangelands improvement in Lorestan province. *Iranian Journal of Range and Desert Research* 13(1): 53-61. (In Persian with English Summary)
- Sanderson, M.A., Skinner, R.H., and Elwinger, G.F. 2002. Seedling development and field performance of prairie grass, Grasing Bromegrass, and Orchardgrass. *Crop Science* 42: 224-230.
- Sangakara R., Roberts, E., and Watkins, B.R. 1985. Relationships between seed characteristics and seeding growth of three herbagegrass. *Seed Science Technology* 13: 219-225.
- SSSI (Soil Science Society of Iran). 2011. Soil Brochure. www.soiliran.org.
- Wagoner, P. 1990. Perennial grain development: past efforts and potential for the future. *Critical Review Plant Science* 9: 381-408.
- World Bank. 2005. Islamic Republic of Iran Cost: Assessment of Environmental Degradation, Rural Development, Water and Environment Department Middle East and North African Region.



Evaluation of Seed and Forage Yield of Perennial Plants with Low Water Requirement in Abandoned Farming Lands

G.A. Gazanchian^{1*}, M.T. Kashki², V. Mir Alavi³ and A. Eslami³

Submitted: 20-06-2016

Accepted: 28-08-2016

Gazanchian, G.A., Kashki, M.T., Mir Alavi, V., and Eslami, A. 2017. Evaluation of seed and forage yield of perennial plants with low water requirement in abandoned farming lands. Journal of Agroecology 9(2): 545-558.

Introduction

Drought is a natural phenomenon in arid and semi-arid regions of the world. It is created by low precipitation, high evaporation and reduced soil moisture. Today, they are the major threats to agricultural lands due to fluctuations in rainfall, limited water resources, wells salinization and subsequently abandoned farming lands. Iran is located on the world's dry belt and more than 90 percent of its area is located in the arid and semi-arid climatic regions. It has been reported that the annual rate of soil erosion is up to 33 t.ha⁻¹ and 5 to 6 times more than the standard limit. Also, 90% of the country's protein production comes from animals sources. Due to the lack of adequate forage production, the main burden of protein production is imposed on the natural resources and pastures. Therefore, In order to enhance soil stabilization and maintain its fertility, optimum use of off-season precipitations, preventing the flow of water and protecting the abandoned farming lands from the flood risk, increasing the water permeability in the soil, and helping to feed the underwater aquifers and finally the production of forage and seeds, the development of perennial plants cultivation is an important conservative practice. The aim of this study is to emphasize on the selection of the best perennial forage species with low water requirements and acceptable yield for renovation of the abandoned farming lands and moving towards sustainable agriculture approaches.

Material and Methods

In this experiment, 10 species of perennial grasses (*Agropyron elongatum* Host., *Secale montanum* Guss., *Festuca arundinaceae* Schreb., *Dactylis glomerata* L., *Agropyron intermedium* Host., *Agropyron repense* L., *Agropyron cristatum* L., *Panicum antidutale* Retz., *Bromus inermis* Leyss., *Bromus riparius* Rehmann, *Agropyron cristatum* L.) and two legumes includes *Trifolium pratense* L., *Onobrychis sativa* Lam. were studied at Asatan-e-Ghods Razavi farm in Mashhad from 2013 to 2014. The seeds were sown in early November and well-watered for twice after planting and then irrigated by the end of rainfall from May to August, every 22 days. The harvesting time was late August.

Results and Discussion

The results showed that in the first year, the average of seedling establishment was 71% for all species with the lowest 13% for *P. antidutale* Retz. and the highest 99% for *S. montanum* Guss. Also, in the years 2013 and 2014 the average of dry forage yield were 1432 and 3663 kg.ha⁻¹, respectively. In the second year, the highest dry forage yield among the species belonged to *A. elongatum* Host. and *B. inermis* Leyss. with 10584 and 4029 kg.ha⁻¹, respectively. Also, the grain yield of perennial grasses varied between 185 for *A. elongatum* Host. to 1085 kg.ha⁻¹ for *A. cristatum* L. In the studied species harvest index was between 2 and 34%. In the first year of perennial species growth, emergence and seedling establishment are one of the most important factors affecting on the increasing seed yield and forage yield. Also, the grain yield was affected by the high number of fertile tillers or stem per plant and number of grains per spike. Another remarkable point was that some grasses showed good seed germination and seedling vigor after immediately harvesting time. The highest seed germination percentage for *S. montanum* Guss., *A. elongatum* Host., *B. inermis* Leyss., *A. cristatum* L. and *B. riparius* Rehmann were 96%, 90%, 58%, 55% and 40%, respectively.

1, 2 and 3- Associate Professor, PhD student in Combat Desertification, Forests and Rangelands Research Department, Khorassan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO Mashhad, Iran and B.C. Agronomy in Mazra-e-Nemoneh of Astan Ghodes, Mashhad, Iran, respectively.

(*- Corresponding author Email: a.gazanchian@areeo.ac.ir)

DOI: 10.22067/jag.v9i2.56934

Conclusion

The results suggest that the yield of perennial species in the first year was very low and weak to compete with weeds (except *S. montanum* Guss.). But in the second year, dry forage yield has increased up to 2 or 3 times. Due to limited water resources in Iran, area of abandoned lands (low yield) is increasing. Therefore, the selection of *Agropyron* genera as a drought tolerant species with the aim of increasing the productivity of the land and to prevent soil erosion and to produce forage or grain yield could be considered.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of the project by Mazra-e-Nemoneh of Astan Ghodes.

Keywords: Drought, Forage yield, Grain yield, Grasses, Legumes, Sustainable agriculture



اثر تنش خشکی بر شاخصه‌های رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) در تراکم‌های کاشت متفاوت

شیوا اکبری¹، محمد کافی^{2*} و شهرام رضوان بیدختی³

تاریخ دریافت: 1395/10/15

تاریخ پذیرش: 1396/02/19

اکبری، ش.، کافی، م.، و رضوان بیدختی، ش. 1396. اثر تنش خشکی بر شاخصه‌های رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.) در تراکم‌های کاشت متفاوت. بوم‌شناسی کشاورزی، 9(2): 559-574.

چکیده

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و عملکرد محصولات می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی و تراکم کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد و صفات مورفولوژیک دو اکوتیپ سیر (*Allium sativum* L.)، آزمایشی مزرعه‌ای به‌صورت اسپلیت - فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در جنوب‌شرقی شهرستان سمنان در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. سه سطح تنش خشکی (100، 80 و 60 درصد نیاز آبی)، به عنوان عامل اصلی و ترکیب سطوح فاکتوریل شامل تراکم در سه سطح (30، 40 و 50 بوته در متر مربع) و اکوتیپ در دو سطح طرود و طیس به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر سرعت رشد محصول و حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص در شرایط 100 درصد نیاز آبی به ترتیب برابر با 5/537، 387/53 گرم در مترمربع، 10/47 گرم بر مترمربع در روز و 4/92 گرم بر مترمربع برگ در روز بود که این مقادیر با اعمال تنش خشکی در تیمار 80 درصد نیاز آبی به ترتیب به‌طور معنی‌داری به مقادیر 3/745، 262/60 گرم در مترمربع، 6/31 گرم بر مترمربع در روز و 3/71 گرم بر مترمربع برگ در روز کاهش یافت. حداکثر سرعت رشد محصول در اکوتیپ طرود بیشتر از اکوتیپ طیس بود اما تعداد برگ و حداکثر تجمع ماده خشک در اکوتیپ طیس بالاتر بود. با اعمال و تشدید تنش خشکی، ارتفاع بوته در اکوتیپ طرود به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما اعمال و تشدید تنش، در ارتفاع اکوتیپ طیس تأثیر معنی‌داری نداشت. حداکثر سرعت رشد نسبی در اکوتیپ طیس در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوتی نشان نداد، اما در اکوتیپ طرود با افزایش تنش در آبیاری 60 درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در این ویژگی مشاهده شد. اثر تراکم کاشت بر حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک، حداکثر سرعت اسیمیلاسیون خالص معنی‌دار بود. بیشترین مقدار حداکثر شاخص سطح برگ (5/017) و حداکثر تجمع ماده خشک (358/57 گرم در مترمربع) از تراکم 50 بوته در مترمربع حاصل گردید. اعمال تنش خشکی، حتی در سطح خفیف‌تر آن و در مقدار آبیاری 80 درصد نیاز آبی، سبب کاهش بخشی از ویژگی‌های رشدی مورد ارزیابی گیاه سیر گردید و در مجموع ویژگی‌های رشدی دو اکوتیپ در شرایط تنش بر دیگری برتری چشمگیری نداشت. تراکم کاشت بالاتر به سبب حضور سطح فعال فتوسنتز کننده بیشتر در واحد سطح، سبب افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح گردید.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، ماده خشک، نیاز آبی

مقدمه

گیاهان ممکن است در معرض تنش‌های گوناگونی قرار گیرند و در این میان، کمبود آب مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و عملکرد محصولات در اکثر نقاط جهان و ایران می‌باشد (Akbari et al., 2016). تجزیه و تحلیل کمی رشد، روشی برای تفسیر واکنش‌های

1، 2 و 3- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان، استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دامغان

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

روی گیاهان مجاور می‌شود. در این شرایط نور کمتری در اختیار گیاه قرار گرفته و برگ‌ها کوچک‌تر شده و این موضوع سبب کاهش فتوسنتز، رشد و کیفیت محصول می‌شود (Moravcevic et al., 2011).

سیر با نام علمی *Allium sativum* L. گیاهی ست که قرن‌ها اهمیت ویژه‌ای از لحاظ غذایی و دارویی در زندگی انسان‌ها دارا بوده است و بر اساس خصوصیات و اثرات متفاوت آن، به عنوان یک ماده غذایی بازدارنده از بیماری‌ها در نظر گرفته می‌شود. از جمله اثرات درمانی آن می‌توان به ضدانقباض و ضدفشار خون، ضد میکروبی، پایین‌آورنده قند خون، خلط‌آور، ضداسپاسم و خواص آنتی‌اکسیدانی آن اشاره کرد (Bozin et al., 2008; Johnson et al., 2016). گزارش شده است که سیر در مراحل میانی و نهایی رشد به کمبود آب حساس است (Hanson et al., 2003).

با توجه به اهمیت بررسی تنش خشکی در بخش کشاورزی و اهمیت کشت گیاهان دارویی، انجام پژوهش در رابطه با مطالعه اثرات این تنش بر ویژگی‌های رشدی این گیاهان الزامی به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به تحقیقات کمی که در رابطه با گیاه دارویی سیر انجام پذیرفته است، پژوهش حاضر با هدف مطالعه تأثیر تنش خشکی بر مؤلفه‌های رشدی دو اکوتیپ از این گیاه در تراکم‌های کاشت مختلف و تعیین اکوتیپ برتر از نقطه نظر این صفات و تشخیص تراکم مطلوب اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه‌ای واقع در جنوب شرقی شهرستان سمنان، با عرض جغرافیایی 35 درجه و 33 دقیقه و طول جغرافیایی 53 درجه و 23 دقیقه و ارتفاع 1127 متری از سطح دریا و در سال زراعی 91-1390 اجرا شد. جهت آماده‌سازی زمین ابتدا زمین را شخم زده و برای خرد کردن کلوخ‌ها و تسطیح از دیسک استفاده شد و سپس توسط شیارساز پشته‌هایی با فواصل 35 سانتی‌متر ایجاد شد. قبل از کشت، به مقدار یک تن کود دامی (10 تن در هکتار) به خاک افزوده شد. کشت در 28 آبان 1390 به صورت دستی و بر اساس تراکم‌های مورد نظر انجام گردید. هر کرت فرعی دارای مساحتی برابر با 9 (3x3) متر مربع بود. بر اساس نتایج آزمایش تجزیه خاک، بافت خاک مزرعه لوم شنی، هدایت الکتریکی 1/46 دسی‌منیس بر متر و pH آن حدود 7/6 بود. در ابتدا و در حین مرحله تشکیل سوخ‌ها، هر بار در طی سه

گیاه نسبت به شرایط محیطی می‌باشد که از این طریق می‌توان با اندازه‌گیری ماده خشک تولید شده، چگونگی انتقال و انباشت مواد فتوسنتزی را در اندام‌های مختلف گیاه به‌دست آورد. کاهش کمی رشد ناشی از تنش می‌تواند به علت کاهش توسعه سلول ناشی از کاهش فشار تورژسانس و تقسیم سلولی و کاهش فتوسنتز ناشی از بسته شدن روزنه‌ها باشد (Kafi et al., 2010). با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و از این رو، می‌توان اولین اثر محسوس کم‌آبی بر گیاه را از روی اندازه کوچک‌تر برگ‌ها تشخیص داد (Babae et al., 2010). گزارش شده است که کاهش سطح برگ، رشد رویشی و سرعت رشد نسبی گیاه تحت شرایط تنش خشکی، به علت کاهش تقسیم و توسعه سلولی بوده است (Pattangul & Madore, 1999). همچنین، تنش خشکی از طریق افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز سبب کاهش سرعت رشد محصول می‌گردد (Goldani & Rezvani Moghadam, 2007; Jamali, 2013). در اثر تنش خشکی، از ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و غده گیاه پیاز (*Allium cepa* L.) کاسته شد (Samvati, 2014). پارامترهای رشد اعم از شاخص سطح برگ، تجمع مواد خشک در گیاه سویا (*Glycine max* L.) نیز نسبت به تنش آبی حاصل از کاهش آبیاری حساس بوده‌اند (Karam et al., 2005). کمبود آب علاوه بر کاهش توسعه برگ، از طریق ریزش و مرگ برگ‌ها در مراحل مختلف رشد بر شاخص سطح برگ اثرگذار است. نتایج حاصل از مطالعات دیگر نیز، حساس بودن برگ به کاهش رطوبت را در گیاهان مختلف نشان داده است که حاکی از کاهش تعداد برگ تحت این شرایط می‌باشد (Hayatu et al., 2014; Hamim et al., 2016). تنش خشکی همچنین سبب کاهش وزن غده‌ها و زیست توده کل گیاه سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) شد (Saravia et al., 2016).

در زراعت تک‌کشتی تعیین تراکم مطلوب یکی از عوامل موفقیت در رشد و تولید گیاه می‌باشد. اگر میزان تراکم بوته بیش از حد بهینه باشد عوامل محیطی موجود از جمله رطوبت، نور و مواد غذایی در حد مطلوب در اختیار گیاه قرار نمی‌گیرد و چنانچه تراکم بوته کمتر از حد مطلوب باشد از امکانات محیطی موجود به نحو بهینه استفاده نمی‌شود که خود باعث کاهش رشد گیاه می‌گردد (Amirmoradi & Rezvani Moghaddam, 2011). تراکم بالاتر از حد مطلوب می‌تواند اثرات نامطلوبی بر گیاه داشته باشد زیرا باعث سایه‌اندازی

خصوصیات ظاهری با یکدیگر متفاوت بودند. اکوتیپ طبس دارای سیرچه‌هایی با پوششی سفید رنگ و ضخیم‌تر بوده و اکوتیپ طرود دارای سیرچه‌هایی با پوششی صورتی رنگ و نازک‌تر بود. برای محاسبه نیاز آبی سیر، از پارامترهای هواشناسی روزانه ثبت شده ایستگاه سینوپتیک سمنان استفاده گردید و نیاز آبی بر پایه دستورالعمل محاسبه آب مورد نیاز گیاهان و برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع از معادله پنمن - مونتیت فائو - 56 استفاده شد (Allen et al., 1998).

مرحله همراه با آبیاری، کود ارگانیک اسید هیومیک و اسید فلوویک به مقدار کلی 1 در 200 لیتر تهیه و در هر مرحله میزان 3/7 لیتر از این محلول برای تمامی کرت‌های فرعی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش به صورت اسپلیت - فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. سه سطح تنش خشکی براساس 60، 80 و 100 درصد نیاز آبی سیر در شرایط اقلیمی سمنان، به عنوان عامل اصلی و ترکیب فاکتوریل از تراکم در سه سطح (۳۰، ۴۰ و 50 بوته در مترمربع) و اکوتیپ در دو سطح طرود و طبس به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. دو اکوتیپ مورد بررسی از لحاظ

جدول 1- برخی از مؤلفه‌های مهم اقلیمی ایستگاه سینوپتیک شهرستان سمنان
Table 1- Some important climate parameters of Semnan's synoptic station

مؤلفه‌های اقلیمی Climate parameters	میانگین سرعت باد (متر بر ثانیه) Mean of wind speed (m.s ⁻¹)	متوسط درصد رطوبت نسبی (%) Mean percentage of relative humidity (%)	مجموع ساعت آفتابی (ساعت) Total hours of sunshine (h)	بارندگی (میلی - متر) Precipitation (mm)	متوسط دما (C°) Mean of temperature (°C)
دوره بلند مدت آماری Long-term period	2.1	41	3043.3	144.4	18.5
سال زراعی 1388-89 Crop year 2009-2010	2.2	43	3044.6	120.4	19.3
سال زراعی 1389-90 Crop year 2010-2011	2.1	39	3114.7	110.9	19.2
سال زراعی 1390-91 Crop year 2011-2012	2.24	43	3101.3	183.2	17.4

کل¹ (TDM)، سرعت رشد محصول² (CGR)، سرعت رشد نسبی³ (RGR)، شاخص سطح برگ⁴ (LAI) و سرعت اسیملاسیون خالص⁵ (NAR) از روابط ارائه شده توسط احمدزاده قویدل و همکاران (Ahmadzadeh Ghavidel et al., 2016) و برنامه اسلاید رایت⁶ استفاده گردید.

$$TDM = \frac{a}{(1 + b * e^{-ct})} \quad (1)$$

$$CGR = \frac{dTDM}{dt} = \frac{a * b * c * e^{-ct}}{(1 + b * e^{-ct})^2} \quad (2)$$

$$RGR = \frac{d^2TDM}{dt^2} = \frac{b * c * e^{-ct}}{1 + b * e^{-ct}} \quad (3)$$

حجم‌های آبیاری لازم برای سطوح مختلف نیاز آبی توسط اندازه‌گیری دقیق به‌وسیله کنتور حجمی با دقت 0/0001 متر مکعب اعمال شد. در طی فصل رشد، مبارزه با علف‌های هرز در زمان‌های مورد نیاز به صورت دستی انجام پذیرفت.

در اواخر دی، نمونه‌برداری‌های مربوط به اندازه‌گیری سطح برگ و وزن تر و خشک برگ و وزن تر و خشک غده به روش تخریبی و به صورت یک هفته در میان تا اواسط خرداد، مجموعاً شامل هشت نمونه‌برداری، انجام شد. برای این منظور در هر نوبت سه بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب گردید. در اواخر اردیبهشت ماه، ارتفاع و تعداد برگ‌ها اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سطح برگ سنج (Delta-T) انجام شد. در هر نمونه‌برداری، گیاه پس از تفکیک به اجزاء مختلف به مدت 48 ساعت در آون در دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شد. برای برآورد شاخص‌های رشد از مقادیر وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی و همچنین سطح برگ به‌دست آمده در واحد سطح برای هر تیمار در هر نمونه‌برداری استفاده شد. برای تعیین تغییرات ماده خشک

- 1- Total dry matter
- 2- Crop growth rate
- 3- Relative growth rate
- 4- Leaf area index
- 5- Net assimilation rate
- 6- Slidewrite

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) شاخص های رشد، تعداد برگ و ارتفاع بوته دو اکوتیپ سیر تحت سطوح مختلف تنش خشکی و تراکم کاشت

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of growth characteristics, number of leaves and plant height of two garlic ecotypes under different levels of drought stress in three planting densities

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	حداکثر سرعت اسیمیلایون خالص NAR _{max}	حداکثر سرعت رشد نسبی RGR _{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR _{max}	حداکثر تجمع ماده خشک TDM _{max}	حداکثر شاخص سطح برگ LAI _{max}	تعداد برگ Leaves number	ارتفاع بوته Plant height
تکرار Replication	2	0.59 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	20.19 ^{ns}	8965.4 ^{ns}	4.877 ^{ns}	9.12 ^{ns}	61.72 ^{ns}
تنش خشکی Drought stress (D _s)	2	22.82 [*]	0.0013 ^{ns}	82.22 [*]	97709.6 [*]	19.498 ^{**}	1.95 ^{ns}	167.56 ^{ns}
خطای اصلی Error a	4	1.54	0.0003	6.71	9015.3	0.902	1.52	58.58
اکوتیپ Ecotype (E)	1	0.04 ^{ns}	0.0426 ^{***}	69.07 ^{**}	17940.1 [*]	0.377 ^{ns}	17.42 ^{***}	189.53 ^{**}
تراکم کاشت Density (D)	2	11.72 ^{**}	0.0003 ^{ns}	17.54 ^{ns}	45429.9 ^{***}	6.599 [*]	1.30 ^{ns}	1.09 ^{ns}
اکوتیپ × تراکم کاشت (E) × (D)	2	0.79 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.93 ^{ns}	1838.8 ^{ns}	0.347 ^{ns}	0.04 ^{ns}	67.11 [*]
تنش خشکی × تراکم کاشت (D _s) × (D)	4	1.87 ^{ns}	0.0028 [*]	13.73 ^{ns}	3046.3 ^{ns}	1.659 ^{ns}	0.49 ^{ns}	9.56 ^{ns}
تنش خشکی × اکوتیپ (D _s) × (E)	2	1.27 ^{ns}	0.0047 [*]	3.34 ^{ns}	7596.7 ^{ns}	0.110 ^{ns}	0.16 ^{ns}	61.53 [*]
تنش خشکی × اکوتیپ × تراکم کاشت (D _s) × (E) × (D)	4	2.78 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	1.94 ^{ns}	1894.8 ^{ns}	1.073 ^{ns}	0.43 ^{ns}	21.46 ^{ns}
خطای فرعی Error b	30	1.62	0.0010	7.96	3994.9	1.341	0.97	18.13

ns = معنی دار نبودن، *، ** و *** به ترتیب معنی دار در (P ≤ 0/001)، (P ≤ 0/01) و (P ≤ 0/001)، ns = non-significant
*، ** and *** significant at P ≤ 0.05, P ≤ 0.01 and P ≤ 0.001, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین برخی شاخص های رشد اندازه گیری شده و تعداد برگ در دو اکوتیپ سیر
Table 3- Mean comparison of growth characteristics and number of leaves of two garlic ecotypes

اکوتیپ Ecotype	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز) CGR _{max} (g.m ⁻² .day ⁻¹)	حداکثر تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) TDM _{max} (g.m ⁻²)	تعداد برگ (عدد) Leaves number (No.)
طبس Tabas	6.975±0.489 ^{b*}	320.73±18.51 ^a	9.68±0.1645 ^a
طرود Toroud	9.237±0.763 ^a	284.28±19.18 ^b	8.54±0.2530 ^b

*میانگین های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی دار در سطح 5٪ می باشند.
*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test (P ≤ 0.05).

حداقل اختلاف معنی دار¹ در سطح پنج درصد انجام شد. نمودارها با استفاده از برنامه اسلاید رایت رسم گردیدند.

نتایج و بحث

ارتفاع و تعداد برگ: بین دو اکوتیپ از نظر تعداد برگ تفاوت

$$LAI = a + \frac{b * 4 * e^{-\frac{(t-c)}{d}}}{(1 + e^{-\frac{(t-c)}{d}})^2} \quad (4)$$

$$NAR = \frac{CGR}{LAI} \quad (5)$$

داده ها با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS نسخه 9/1 و MSTATC تجزیه شدند. برای مقایسات میانگین از روش آزمون

1- Least significant difference (LSD)

معنی‌داری مشاهده شد (جدول 2). اکوتیپ طرود با آبیاری 100 درصد نیاز آبی، بیشترین و اکوتیپ طبس در تنش 60 درصد نیاز آبی، کم‌ترین ارتفاع بوته را دارا بود (جدول 4). ارتفاع بوته در اکوتیپ طرود و در آبیاری 100 درصد نیاز آبی (45/15 سانتیمتر) در اثر اعمال و

تشدید تنش به ترتیب به مقادیر 36/22 و 37/30 سانتی‌متر تنزل یافت، اما اعمال تنش خشکی و تشدید تنش، در ارتفاع اکوتیپ طبس تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول 4).

جدول 4- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ بر حداکثر سرعت رشد نسبی و ارتفاع بوته گیاه سیر
Table 4- Mean comparison of interaction effect between drought stress and ecotype on maximum relative growth rate and height

تنش خشکی × اکوتیپ Ecotype × drought stress	حداکثر سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز) RGR _{Max} (g.g ⁻¹ .day ⁻¹)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Height (cm)
100% نیاز آبی × اکوتیپ طبس Tabas × ¹ ETc 100%	0.0917±0.0060 ^{bc*}	37.26±1.0701 ^b
100% نیاز آبی × اکوتیپ طرود Toroud × ETc 100%	0.1184±0.0113 ^b	45.15±2.5021 ^a
80% نیاز آبی × اکوتیپ طبس Tabas × ETc 80%	0.0682±0.0073 ^c	35.44±1.3472 ^b
80% نیاز آبی × اکوتیپ طرود Toroud × ETc 80%	0.1191±0.0084 ^b	36.22±1.8891 ^b
60% نیاز آبی × اکوتیپ طبس Tabas × ETc 60%	0.0645±0.0101 ^c	34.72±1.1294 ^b
60% نیاز آبی × اکوتیپ طرود Toroud × ETc 60%	0.1554±0.0159 ^a	37.30±1.4417 ^b

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5% می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test ($P \leq 0.05$).

1- Crop evapotranspiration (ETc)

جدول 5- مقایسه میانگین اثر متقابل اکوتیپ و تراکم کاشت بر ارتفاع بوته گیاه سیر
Table 5- Mean comparison of interaction effect between ecotype and planting density on garlic of plant height

اکوتیپ × تراکم کاشت Ecotype × planting density	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
اکوتیپ طبس × 30 بوته در متر مربع Tabas × 30 plant.m ⁻²	33.74±1.287 ^{c*}
اکوتیپ طبس × 40 بوته در متر مربع Tabas × 40 plant.m ⁻²	36.57±0.744 ^{bc}
اکوتیپ طبس × 50 بوته در متر مربع Tabas × 50 plant.m ⁻²	37.11±1.278 ^{bc}
اکوتیپ طرود × 30 بوته در متر مربع Toroud × 30 plant.m ⁻²	41.94±2.353 ^a
اکوتیپ طرود × 40 بوته در متر مربع Toroud × 40 plant.m ⁻²	38.22±2.692 ^{ab}
اکوتیپ طرود × 50 بوته در متر مربع Toroud × 50 plant.m ⁻²	38.50±1.996 ^{ab}

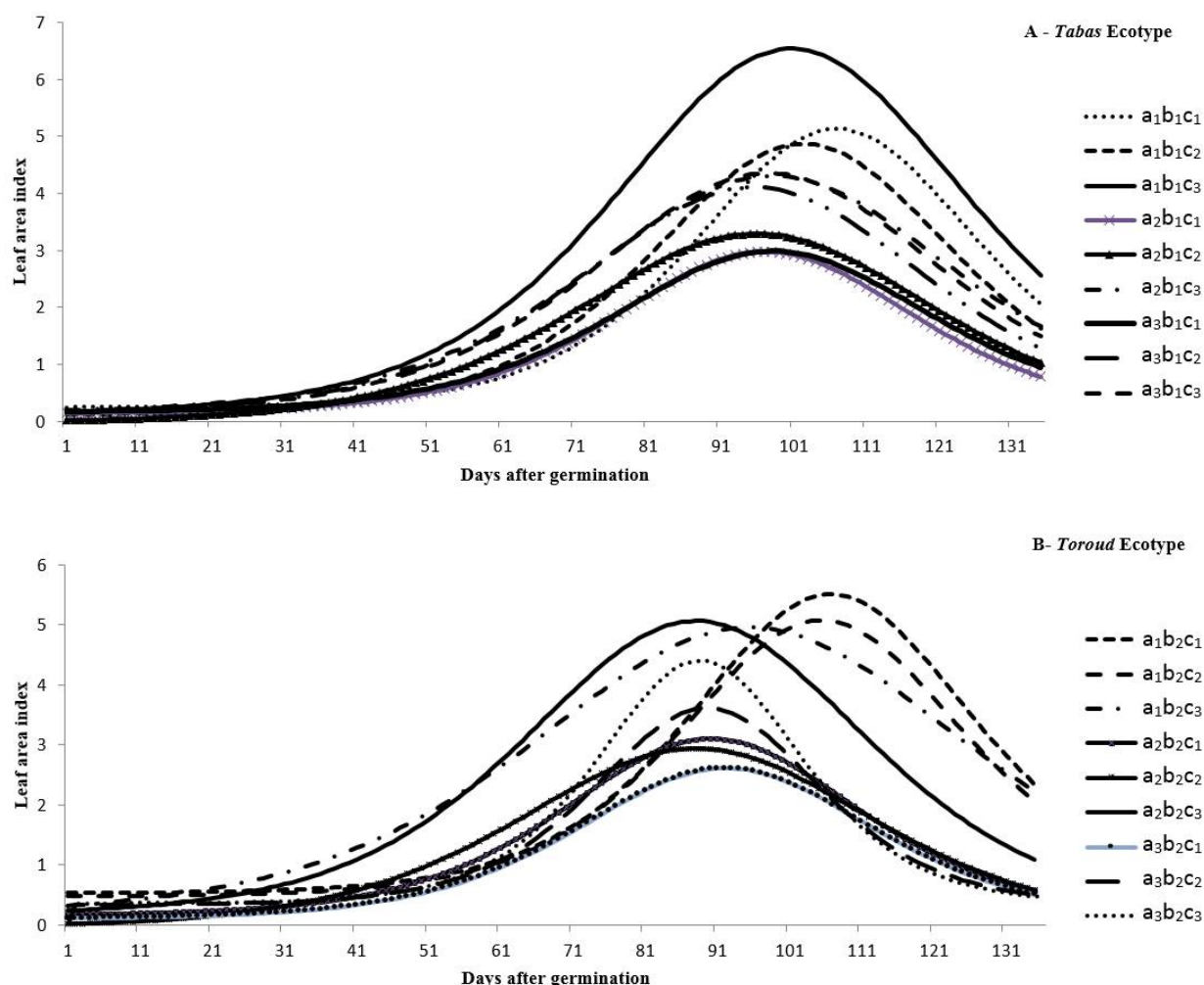
*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح 5% می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test ($P \leq 0.05$).

اکوتیپ‌ها، تراکم‌ها و سطوح آبیاری متفاوت، مشابه بود (شکل 1). شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد گیاه به‌علت کامل نبودن پوشش گیاهی و کوچک بودن برگ‌ها، کم بود ولی به‌تدریج با رشد و افزایش برگ‌ها، شاخص سطح برگ افزایش یافت تا به حداکثر خود رسید و حداکثر شاخص سطح برگ در بازه زمانی 88-110 روز پس از سبز شدن حاصل شد و سپس تا انتهای فصل رشد در تمامی تیمارهای آزمایش به‌علت زرد شدن و پیری و ریزش برگ‌ها و نزدیک شدن به مرحله رسیدگی روندی کاهشی در شاخص سطح برگ مشاهده شد (شکل 1).

چنین به نظر می‌رسد که ارتفاع بوته در اکوتیپ طرود، نسبت به اعمال تنش خشکی حساس‌تر و آسیب‌پذیرتر بوده است. در ارتفاع بوته هر یک از دو اکوتیپ، با افزایش تراکم، تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و ارتفاع دو اکوتیپ تنها در تراکم 30 بوته در متر مربع با یکدیگر متفاوت بود بدین صورت که کمترین ارتفاع (33/74 سانتی‌متر)، از اکوتیپ طیس در تراکم 30 بوته در متر مربع و بیشترین ارتفاع (41/94 سانتی‌متر) از اکوتیپ طرود در تراکم 30 بوته در متر مربع حاصل گردید (جدول 5).

شاخص سطح برگ: روند تغییرات شاخص سطح برگ در



شکل 1- روند تغییرات شاخص سطح برگ دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 1- Trend of changes in leaf area index of two garlic ecotypes under different irrigation levels with three planting densities
 a_1 : 100% نیاز آبی، a_2 : 80% نیاز آبی، a_3 : 60% نیاز آبی؛ b_1 : اکوتیپ طیس، b_2 : اکوتیپ طرود، c_1 : 30 بوته در مترمربع، c_2 : 40 بوته در مترمربع و c_3 : 50 بوته در مترمربع.
 a_1 : 100% ETC, a_2 : 80% ETC, a_3 : 60% ETC, b_1 : Tabas, b_2 : Toroud, c_1 : 30 plants.m⁻², c_2 : 40 plants.m⁻², c_3 : 50 plants.m⁻².

جدول 6- مقایسات میانگین برخی شاخصه‌های رشد سیر در سطوح مختلف تنش خشکی

Table 6- Mean comparisons for the growth characteristics of garlic in different levels of drought stresses

تنش خشکی Drought stress	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع برگ در روز) NAR _{max} (g.m ⁻² .leaf. day ⁻¹)	حداکثر سرعت رشد محصول (گرم بر متر مربع در روز) CGR _{max} (g.m ⁻² .day ⁻¹)	حداکثر تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) TDM _{max} (g.m ⁻²)	حداکثر شاخص سطح برگ LAI _{max}
100% نیاز آبی ET _C 100%	4.92±0.401 ^a	10.47±0.0914 ^{a*}	387.53±20.45 ^a	5.537±0.266 ^a
80% نیاز آبی ET _C 80%	3.71±0.334 ^b	6.31±0.464 ^b	262.60±20.37 ^b	3.745±0.305 ^b
60% نیاز آبی ET _C 60%	2.66±0.248 ^b	7.53±0.723 ^b	257.39±14.72 ^b	3.724±0.308 ^b

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون (LSD)، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشند.

*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD range test ($P \leq 0.05$).

جدول 7- مقایسات میانگین برخی شاخصه‌های رشد سیر در تراکم‌های کاشت متفاوت

Table 7- Mean comparisons for the growth characteristics in different planting densities

تراکم کاشت Plant density (plants.m ⁻²)	حداکثر سرعت اسیمیلایسیون خالص (گرم بر متر مربع برگ در روز) NAR _{max} (g.m ⁻² .leaf. day ⁻¹)	حداکثر تجمع ماده خشک (گرم در متر مربع) TDM _{max} (g.m ⁻²)	حداکثر شاخص سطح برگ LAI _{max}
30	4.61 ± 0.429 ^{a*}	261.57 ± 22.93 ^b	3.861 ± 0.380 ^b
40	3.01 ± 0.223 ^b	287.37 ± 16.69 ^b	4.128 ± 0.304 ^b
50	3.67 ± 0.416 ^b	358.57 ± 24.22 ^a	5.017 ± 0.326 ^a

*میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون، مطابق آزمون LSD، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% می‌باشند.

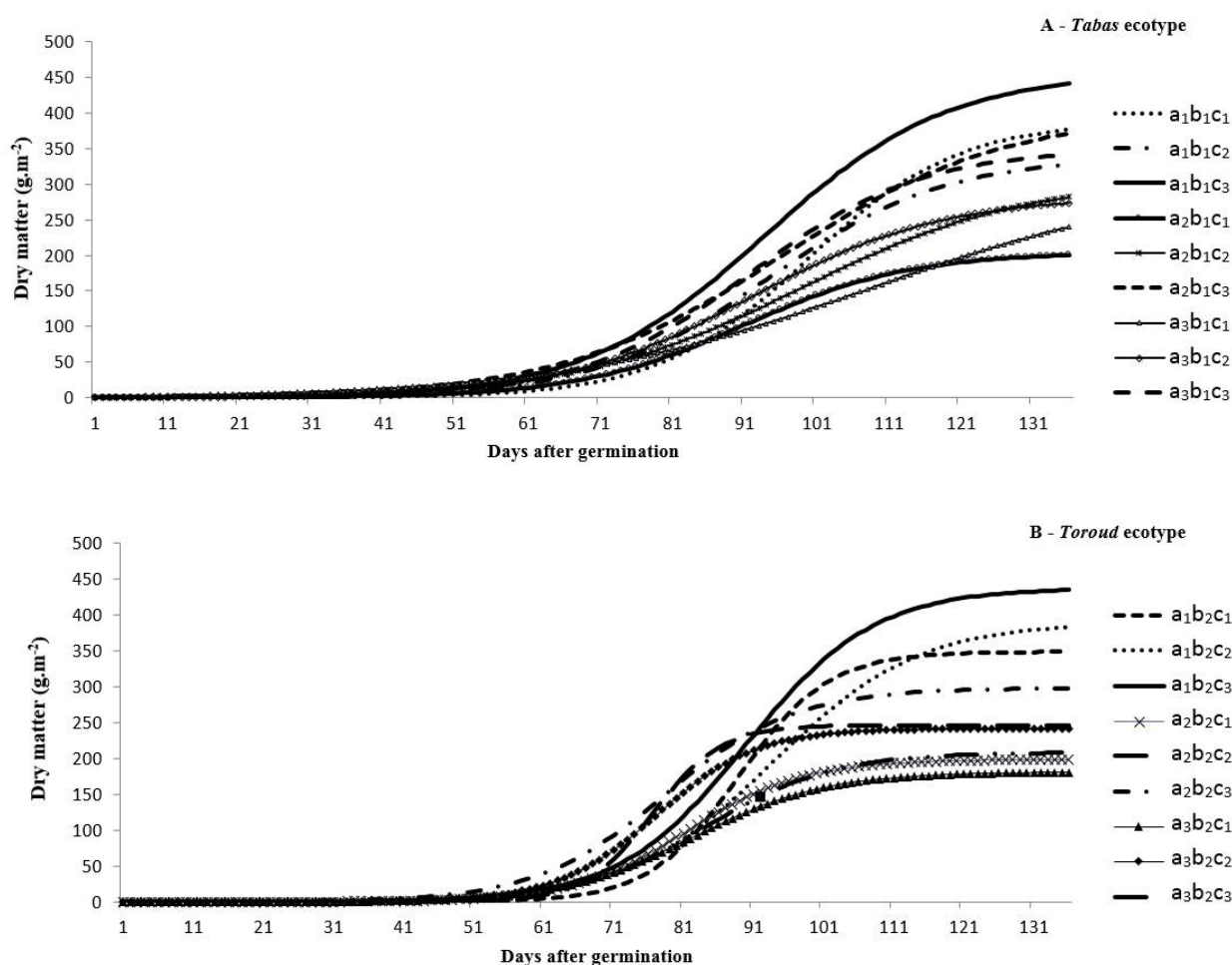
*Means in each column followed by at least one similar letter are not significantly different based on LSD test ($P \leq 0.05$).

سیگموتیدی بود (شکل 2). روند تغییرات ماده خشک در اکوتیپ‌های مختلف سیر نشان داد که افزایش تجمع ماده خشک در ابتدای فصل رشد کند بود و سپس روند افزایش تجمع ماده خشک به صورت خطی درآمد و سپس در اواخر فصل رشد از سرعت تجمع ماده خشک کاسته شد و تا آخر فصل رشد به صورت ثابت در آمد. به نظر می‌رسد که کم بودن شاخص سطح برگ در ابتدای فصل رشد سبب کاهش جذب نور، کاهش سرعت رشد محصول و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک می‌شود، ولی به تدریج با افزایش شاخص سطح برگ، افزایش جذب نور و فتوسنتز گیاه، سرعت تجمع ماده خشک به صورت خطی افزایش می‌یابد (Lafarge & Hammer, 2002).

اکوتیپ و تنش خشکی در سطح ($p \leq 0/05$) اثر معنی‌داری بر حداکثر تجمع ماده خشک داشتند (جدول 2). به صورتی که اکوتیپ طیس با 320/73 گرم در مترمربع و اکوتیپ طرود با 284/28 گرم در مترمربع به ترتیب بیشترین و کمترین حداکثر تجمع ماده خشک را دارا بودند (جدول 3).

تاخیری که در رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در برخی نمودارهای اکوتیپ طرود مشاهده می‌گردد، مربوط به تیمارهای مطلوب آبیاری می‌باشد؛ بنابراین، وقوع تنش خشکی سبب بروز زودهنگام‌تر حداکثر شاخص سطح برگ و تسریع در تکمیل رشد رویشی شد. اثر تنش خشکی در سطح ($p \leq 0/01$) و اثر تراکم کاشت در سطح ($p \leq 0/05$) بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار شد (جدول 2). در شرایط آبیاری 100% نیاز آبی، حداکثر شاخص سطح برگ (5/54) حاصل گردید و با اعمال و تشدید تنش این ویژگی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول 6). با افزایش درصد تخلیه آب خاک، شاخص سطح برگ گیاه بالنگو (*Lallemantia royleana* L.) نیز از 2/68 در تیمار 40 درصد به 2/02 در تیمار 60 درصد تخلیه رطوبت قابل استفاده خاک، کاهش یافت (Maleki Farahani & Abdollahi, 2014). در بیشترین تراکم، حداکثر شاخص سطح برگ به طور معنی‌داری بیشتر از دو تراکم کاشت دیگر بود (جدول 7).

تجمع ماده خشک کل: الگوی اندوخته شدن ماده خشک کل (اندام‌های هوایی و ریشه) برای تمامی تیمارهای آزمایش مشابه و



شکل 2- روند تغییرات ماده خشک کل دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 2- Trend of changes for total dry matter of two garlic ecotypes under different irrigation levels with three planting densities

a_1 : 100% نیاز آبی، a_2 : 80% نیاز آبی، a_3 : 60% نیاز آبی؛ b_1 : اکوتیپ طبرس، b_2 : اکوتیپ طرود، c_1 : 30 بوته در مترمربع، c_2 : 40 بوته در مترمربع و c_3 : 50 بوته در مترمربع. a_1 : 100% ETC, a_2 : 80% ETC, a_3 : 60% ETC, b_1 : Tabas, b_2 : Toroud, c_1 : 30 plants.m⁻², c_2 : 40 plants.m⁻², c_3 : 50 plants.m⁻².

تراکم کاشت به طور معنی‌داری ($p \leq 0/001$) بر حداکثر تجمع ماده خشک اثرگذار بود (جدول 2). تراکم کاشت 50 و 30 بوته در مترمربع با حداکثر وزن خشک 358/57 و 261/57 گرم در مترمربع، به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار این صفت را دارا بودند (جدول 7). تراکم 50 بوته در متر مربع سبب کسب بالاترین شاخص سطح برگ شد. عامل اصلی تفاوت در تولید و تجمع ماده خشک در گیاهان، تفاوت در سطح برگ از لحاظ اندازه تک برگ و میزان و سرعت ظهور برگ‌های جدید می‌باشد. افزایش شاخص سطح برگ سبب جذب بیشتر تشعشع رسیده به کانوپی می‌شود و تجمع ماده خشک افزایش

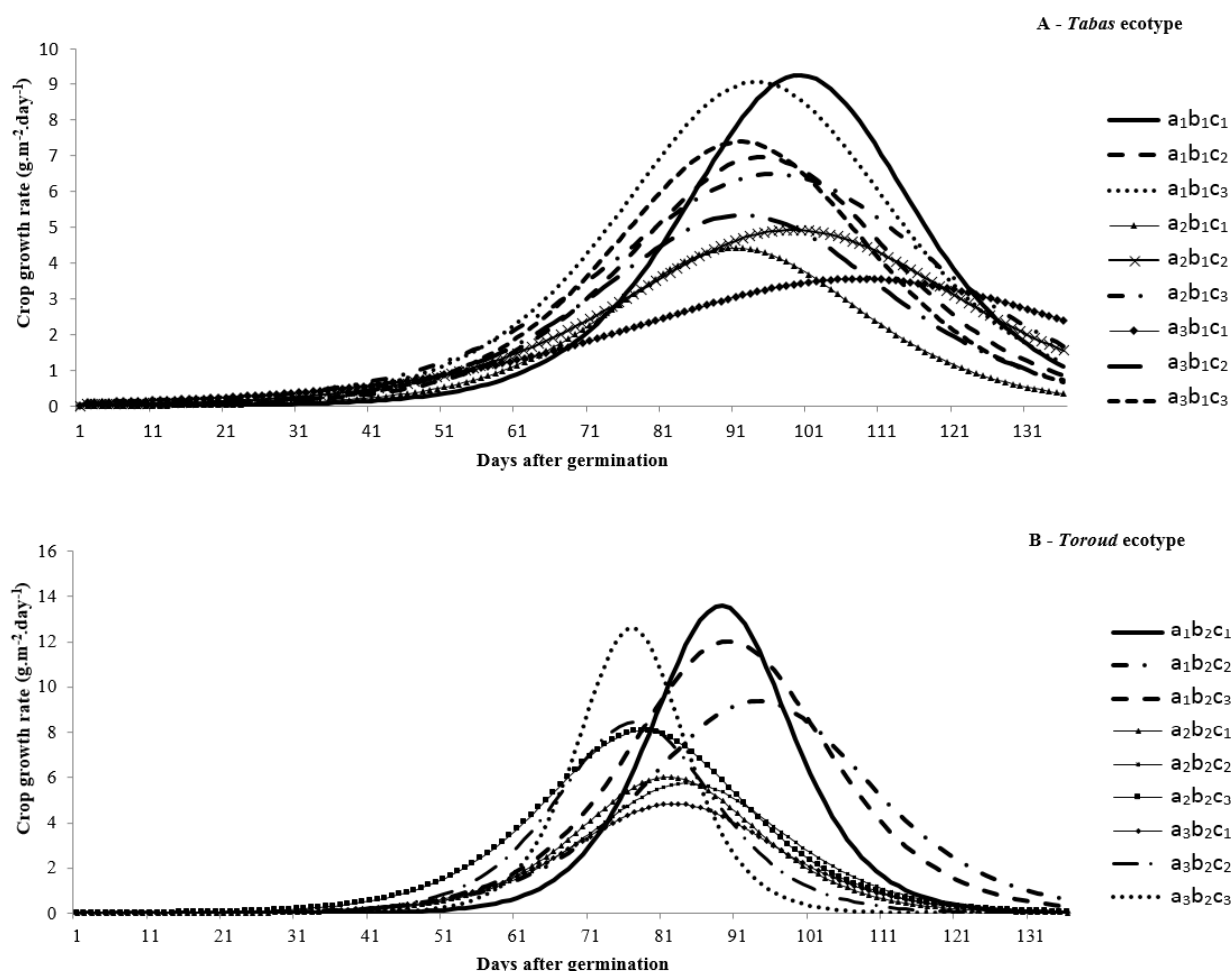
حداکثر تجمع ماده خشک در 100% نیاز آبی دارای بیشترین مقدار بود و سپس با اعمال و تشدید تنش خشکی به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول 6). در اثر تنش خشکی، به دلیل کاهش سطح فعال برگ و کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به مخزن و تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (Amiri Deh ahmadi et al., 2011). شریف روحانی و همکاران (Sharif Rouhani et al., 2012) گزارش کردند که با افزایش فواصل آبیاری، وزن خشک برگ و عملکرد غده گیاه موسیر (*Allium altissimum* Regel.) کاهش یافته است.

رویشی گیاه، زرد شدن برگ‌ها و کاهش سرعت فتوسنتز خالص، سرعت رشد محصول به تدریج کاهش می‌یابد (Jamali, 2013). زمان رسیدن به حداکثر سرعت رشد محصول 91 الی 107 روز پس از سبز شدن در اکوتیپ طبس و 80 الی 101 روز پس از سبز شدن در اکوتیپ طرود بود (شکل 3). این زمان بر زمان وقوع حداکثر سطح برگ منطبق بود. تنش خشکی در سطح $(p \leq 0/05)$ بر سرعت رشد محصول اثرگذار بود (جدول 2). بیشترین و کمترین مقدار حداکثر سرعت رشد محصول به ترتیب در 100% و 80% نیاز آبی مشاهده شد (جدول 6).

می‌یابد (Lindquist et al., 2005). با کاهش شاخص سطح برگ گیاه، نور دریافتی توسط کانوپی کاهش یافته و در نتیجه تجمع ماده خشک در گیاه افت می‌نماید (Tedeschi et al., 2011).

سرعت رشد محصول: سرعت رشد گیاه در ابتدا افزایش و

سپس کاهش یافت. در اوایل دوره رشد، به دلیل پایین بودن درصد جذب تشعشع و دمای پایین هوا، گیاه از سرعت رشد کمتری برخوردار بوده است. سپس روند صعودی به دلیل افزایش تدریجی جذب تشعشع خورشیدی همزمان با افزایش سطح برگ در اوایل فصل رشد و افزایش سرعت تجمع ماده خشک در گیاه می‌باشد (Amiri Deh ahmadi et al., 2011). سپس با رسیدن به بلوغ و کاهش رشد



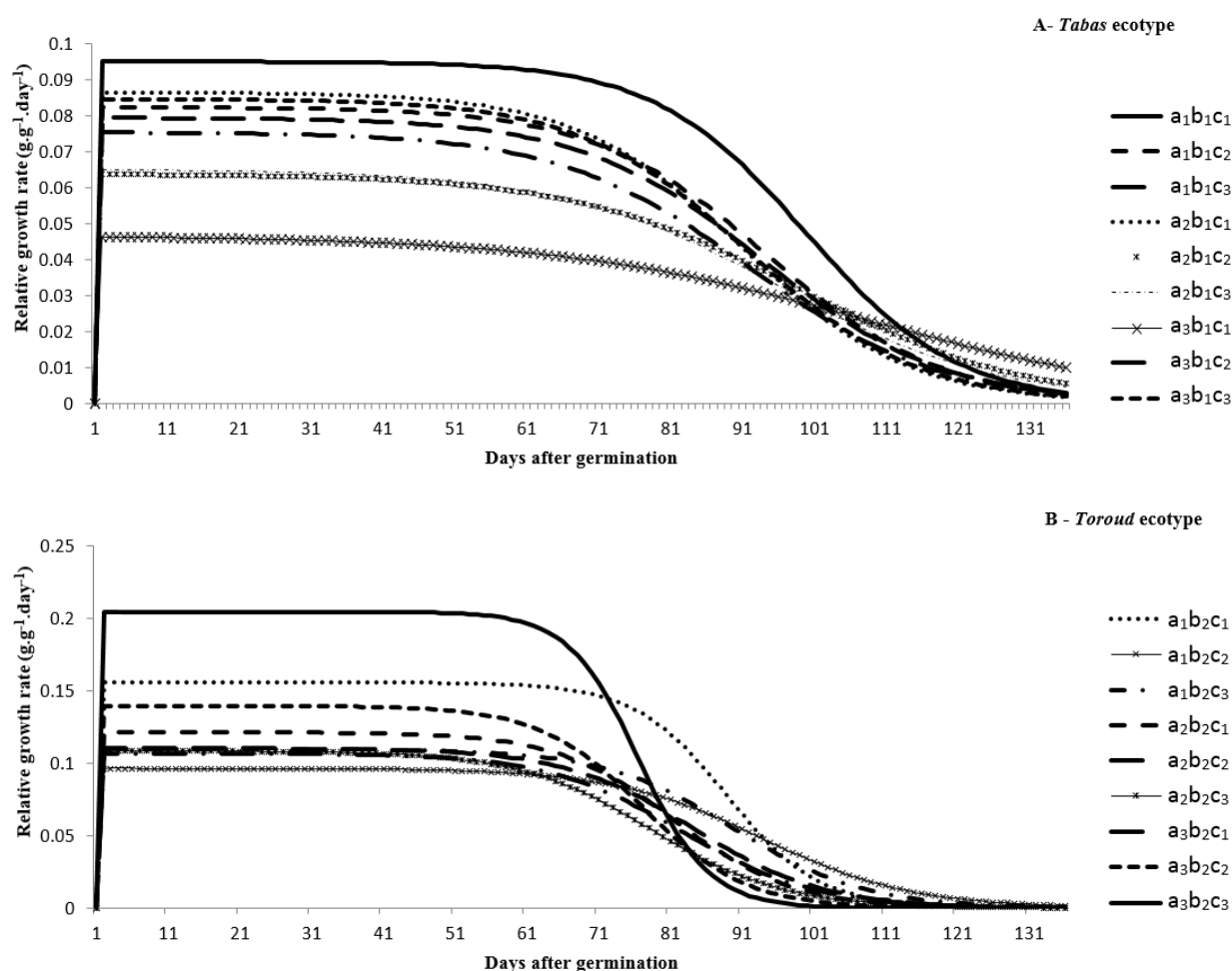
شکل 3- روند تغییرات سرعت رشد محصول دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 3- Trend of changes for crop growth rate of two garlic ecotypes under different irrigation levels for three planting densities

a₁: 100% نیاز آبی، a₂: 80% نیاز آبی، a₃: 60% نیاز آبی؛ b₁: اکوتیپ طبس، b₂: اکوتیپ طرود، c₁: 30 بوته در مترمربع، c₂: 40 بوته در مترمربع، c₃: 50 بوته در مترمربع.
a₁: 100% ETC, a₂: 80% ETC, a₃: 60% ETC, b₁: Tabas, b₂: Toroud, c₁: 30 plants.m⁻², c₂: 40 plants.m⁻², c₃: 50 plants.m⁻².

سلولی کاهش می‌یابد و سلول‌های کوچک‌تر و کمتری تولید می‌شوند. تمامی این موارد در کاهش سرعت رشد محصول در اثر تنش خشکی، دخیل می‌باشند (Kafi and Keshmiri, 2016). اکوتیپ نیز در سطح ($p \leq 0/01$) بر حداکثر سرعت رشد محصول اثرگذار بود (جدول 2) و این صفت در اکوتیپ طرود بیشتر از اکوتیپ طبس بود (جدول 3).

به نظر می‌رسد با افزایش بیشتر سطح برگ در شرایط بدون تنش، نور بیشتری توسط گیاه دریافت می‌شود که به علت فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد گیاه نیز افزایش می‌یابد. نتایج بررسی‌های سایر محققین نیز مؤید کاهش سرعت رشد محصول در اثر تنش خشکی می‌باشد (Goldani & Rezvani Moghddam, 2007; Hamidvand et al., 2013). افزون بر این در اثر تنش خشکی، هدایت روزنه‌ای و رشد



شکل 4- روند تغییرات سرعت رشد نسبی دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 4- Trend of changes for relative growth rate of two garlic ecotypes under different irrigation levels for three planting densities

a₁: 100% نیاز آبی، a₂: 80% نیاز آبی، a₃: 60% نیاز آبی؛ b₁: اکوتیپ طبس، b₂: اکوتیپ طرود، c₁: 30 بوته در مترمربع، c₂: 40 بوته در مترمربع و c₃: 50 بوته در مترمربع. a₁: 100% ETC, a₂: 80% ETC, a₃: 60% ETC, b₁: Tabas, b₂: Toroud, c₁: 30 plants.m⁻², c₂: 40 plants.m⁻², c₃: 50 plants.m⁻².

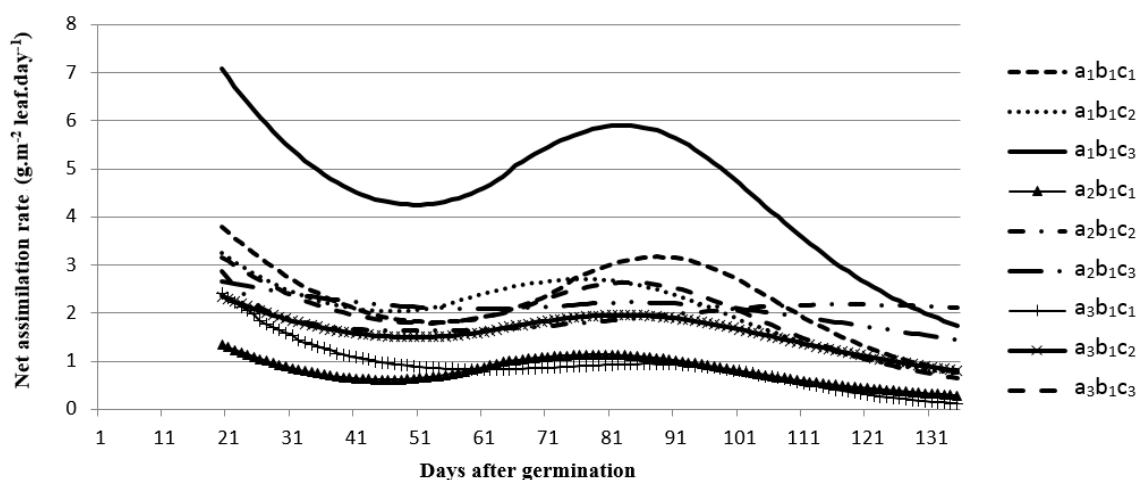
تمامی تیمارها تقریباً مشابه بود. سرعت رشد نسبی در اوایل فصل

سرعت رشد نسبی: روند تغییرات سرعت رشد نسبی در

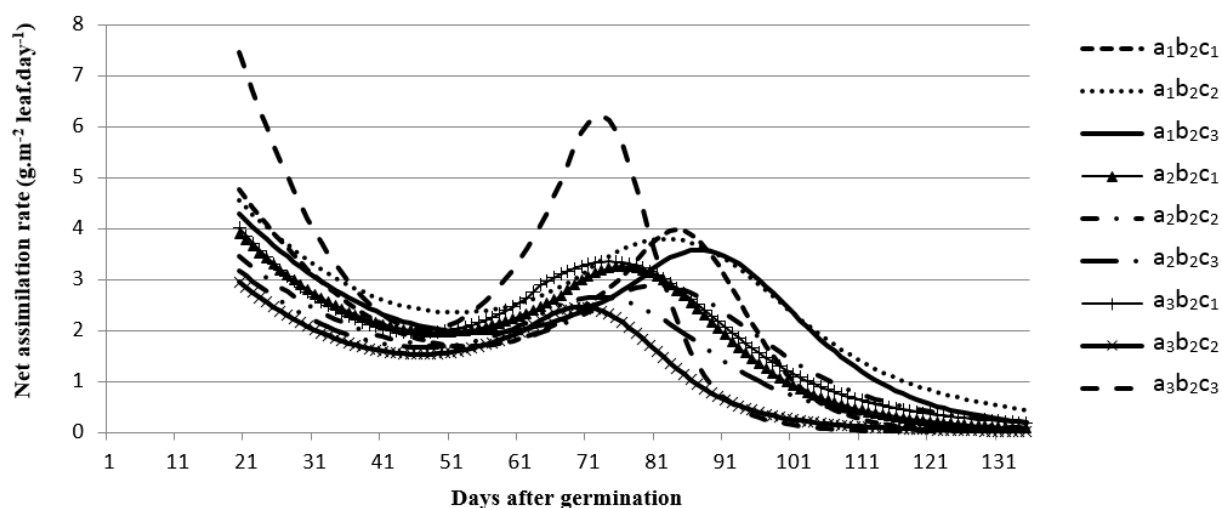
اندازی کمتر برگ‌ها و فتوسنتز خالص، بالاتر می‌باشد که با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی کاهش می‌یابد (Amiri Deh ahmadi et al., 2011). از آنجایی که در طول زمان بر میزان بافت‌های ساختاری گیاه که جزء بافت‌های فعال متابولیکی نمی‌باشند و سهمی در رشد ندارند افزوده می‌شود، سرعت رشد نسبی با گذشت زمان کاهش می‌یابد (Hokmalipour & Seyedsharifi, 2014).

رشد حداکثر بود و پس از آن به دلیل افزایش ماده خشک تجمع یافته و بافت‌های ساختمانی، کاهش یافت. با گذشت زمان، به دلیل ایجاد رقابت بین گیاهان برای کسب آب، مواد غذایی و دریافت نور و همچنین در سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی بوته و کاهش توانایی فتوسنتزی آن‌ها، سرعت تجمع ماده خشک اولیه کاهش یافت و این امر سبب کاهش سرعت رشد نسبی شد (شکل‌های 2 و 4). در ابتدای فصل رشد میزان سرعت رشد نسبی به علت نفوذ نور بیشتر، سایه-

A - Tabas ecotype



B - Toroud ecotype



شکل 5- روند تغییرات سرعت اسیمیلاسیون خالص دو اکوتیپ سیر در سطوح مختلف آبیاری با سه تراکم کاشت

Fig. 5- Trend of changes in net assimilation rate of two garlic ecotypes under different irrigation levels for three planting densities

a₁: 100% نیاز آبی، a₂: 80% نیاز آبی، a₃: 60% نیاز آبی؛ b₁: اکوتیپ طبرس، b₂: اکوتیپ طرود، c₁: 30 بوته در مترمربع، c₂: 40 بوته در مترمربع و c₃: 50 بوته در مترمربع. a₁: 100% ETC, a₂: 80% ETC, a₃: 60% ETC, b₁: Tabas, b₂: Toroud, c₁: 30 plants.m⁻², c₂: 40 plants.m⁻², c₃: 50 plants.m⁻².

در مترمربع اسیمیلایسیون خالص نسبت به دو تراکم کاشت دیگر بیشتر بود (جدول 7). بیشتر بودن این صفت در کمترین تراکم کاشت مورد آزمایش می‌تواند نتیجه قرار گرفتن بیشتر برگ‌ها در معرض نور و کاهش سایه‌اندازی باشد.

نتیجه‌گیری

تنش خشکی موجب کاهش حداکثر تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و سرعت اسیمیلایسیون خالص شد. با توجه به اینکه حداکثر سرعت رشد محصول در اکوتیپ طرود بیشتر بود و در مقابل تعداد برگ و حداکثر تجمع ماده خشک در اکوتیپ طیس بالاتر بود، در مجموع این دو اکوتیپ برتری محسوسه نسبت به یکدیگر نداشتند. همچنین بدین سبب که با اعمال و تشدید تنش، ارتفاع در اکوتیپ طرود به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما در ارتفاع اکوتیپ طیس تأثیر معنی‌داری نداشت، اما در مقابل، حداکثر سرعت رشد نسبی در اکوتیپ طیس در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوتی نشان نداد، اما در اکوتیپ طرود با افزایش تنش در آبیاری 60 درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در این ویژگی مشاهده شد، می‌توان چنین نتیجه گرفت که در مجموع ویژگی‌های رشدی دو اکوتیپ در شرایط تنش بر دیگری برتری چشمگیری نداشتند. تراکم کاشت بالاتر به سبب حضور سطح فعال فتوسنتز کننده بیشتر در واحد سطح، سبب افزایش تجمع ماده خشک در واحد سطح گردید. در مجموع با توجه به این نکته که کاهش‌های وقوع یافته ناشی از کمبود آب در مؤلفه‌های رشدی، در تیمار 80 درصد نیاز آبی نیز بروز یافته است، در نتیجه توصیه می‌شود از مواجهه گیاه سیر حتی با شرایط تنش خشکی ملایم، اجتناب و سعی شود تا نیاز آبی آن به خوبی تأمین گردد.

اثر متقابل تنش خشکی و اکوتیپ در سطح ($p \leq 0/05$) بر این صفت اثرگذار بود (جدول 4). حداکثر سرعت رشد نسبی در اکوتیپ طیس در سطوح مختلف تنش خشکی تفاوتی نشان نداد، اما در اکوتیپ طرود با افزایش تنش در آبیاری 60 درصد نیاز آبی، افزایش معنی‌داری در این صفت مشاهده شد (جدول 4)، که احتمالاً به‌علت به‌کارگیری مکانیسم‌های تحمل به خشکی به‌خصوص در مراحل اولیه رشد گیاه در این اکوتیپ بوده است.

سرعت اسیمیلایسیون خالص: روند سرعت اسیمیلایسیون خالص نزولی بوده و بالاترین مقدار آن در مراحل اولیه رشد که شاخص سطح برگ کم و برگ‌ها به‌طور کامل در معرض نور قرار دارند، مشاهده شد و به تدریج با افزایش سن گیاه کاهش یافت (شکل 5) این امر عمدتاً ناشی از افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه ایجاد سایه‌اندازی بین آن‌ها می‌باشد (Hemmati & Soleymani, 2014). یک روند کاهشی سریع‌تر و شدیدتری از 75 تا 120 روز پس از سبز شدن در سرعت اسیمیلایسیون خالص مشاهده شد که به نظر می‌رسد این موضوع به‌علت مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل، کاهش غلظت کلروفیل در سطح برگ و همچنین افزایش سرعت تنفس در مقایسه با فتوسنتز به‌علت نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک باشد. حداکثر سرعت اسیمیلایسیون خالص به‌طور معنی‌داری در سطح ($p \leq 0/05$) تحت تأثیر تنش خشکی و در سطح ($p \leq 0/01$) تحت تأثیر تراکم کاشت قرار گرفت (جدول 2). حداکثر سرعت اسیمیلایسیون خالص در تیمار آبیاری 100% نیاز آبی بیشتر از تیمارهای دیگر آبیاری بود، اما در اثر تنش به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول 5). کاهش سرعت اسیمیلایسیون خالص در اثر تنش خشکی توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Hejri, 2008; Hemmati & Soleymani, 2014). حداکثر سرعت اسیمیلایسیون خالص در تراکم کاشت 30 بوته

منابع

- Ahmadzadeh Ghavidel, R., Asadi, G.A., Naseri Pouryazdi, 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. (In Persian with English Summary)
- Akbari, S., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, S. 2016. The effects of drought stress on yield, yield components and antioxidant of two Garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes with different planting densities. Journal of Agroecology 8(1): 95-106. (In Persian with English Summary)
- Allen, R.G., Periera, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water

- requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Amiri Deh ahmadi, S.R., Parsa, M., Nezami, A., and Ganjeali, A. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 69-84. (In Persian with English Summary)
- Amirmoradi, S., and Rezvani Moghadam, P. 2011. Effect of plant density and time of nitrogen application on morphological, phenological characteristics, yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Horticultural Science 25(3): 251-260. (In Persian with English Summary)
- Babaei, K., Amini Dehaghi, M., Modares Sanavi, S.A.M., and Jabbari, R. 2010. Water deficit effect on morphology, prolin content and thymol percentage of thyme (*Thymus vulgaris* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26(2): 239-251. (In Persian with English Summary)
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Goran, A., and Igic, R. 2008. Phenolics as antioxidants in garlic (*Allium sativum* L., Alliaceae). Food Chemistry 111: 925-929.
- Goldani, M., and Rezvani moghaddam, P. 2007. The effects of different irrigation regimes and planting dates on phenology and growth indices of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Mashhad. Journal of Agricultural Science and Natural Resources 14: 229-242. (In Persian with English Summary)
- Hamidvand, Y., Abdollahi, M.R., and Shaban, M. 2013. Investigation of growth analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and Zn fertilizer. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 5(5): 517-521.
- Hamim, H., Banon, S., and Dorly, D. 2016. Comparison of physiological and anatomical changes of C₃ (*Oryza sativa* L.) and C₄ (*Echinochloa crusgalli* L.) leaves in response to drought stress. Earth and Environmental Science 31: 1-10.
- Hanson, B.R., May, D., Voss, R., Cantwell, M., and Rice, R. 2003. Response of garlic to irrigation water. Agricultural Water Management Journal 58: 29-43.
- Hayatu, M., Muhammad, S.Y., and Habibu, U.A. 2014. Effect Of water stress on the leaf relative water content and yield of some cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) genotype. International Journal of Scientific and Technology Research 3(7): 148-152.
- Hejri, A. 2008. The effect of drought stress on growth indices, agronomical traits, yield and yield components of sunflower cultivars. MSc Thesis. Agriculture Faculty. Isfahan Branch of Islamic Azad University, Isfahan, Iran. (In Persian with English Summary)
- Hemmati, M.H., and Soleymani, A. 2014. A study about some physiological indices of sunflower growth under drought stress. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(3): 553-563.
- Hokmalipour, S., and Seyedsharifi, R. 2014. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and some physiological parameters of barley (*Hordeum vulgar* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(4): 822-833. (In Persian with English Summary)
- Jamali, M.M. 2013. Investigate the effect of drought stress and different amount of chemical fertilizers on some physiological characteristics of coriander (*Coriandrum sativum* L.). International Journal of Farming and Allied Sciences 2(20): 872-879.
- Johnson, M., Olaleye, O.N., and Kolawole, O.S. 2016. Antimicrobial and antioxidant properties of aqueous garlic (*Allium sativum*) extract against staphylococcus aureus and pseudomonas aeruginosa. British Microbiology Research Journal 14(1): 1-11.
- Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A., and Nabati, J. 2010. Physiology of Environmental Stresses in Plant. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Mashhad, Iran. 502 p. (In Persian)
- Kafi, M., and Keshmiri, E., 2016. The changes in the physiological growth and the react of the salinity and number of irrigation water of two cumin cultivars (*Cuminum cyminum* L.). Journal of Agroecology 8(3): 463-475. (In Persian with English Summary)
- Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O., and Rouphael, Y. 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management 75: 226-244.
- Lafarge, T.A., and Hammer, G.L. 2002. Predicting plant leaf area production: shoot assimilate accumulation and partitioning, and leaf area ratio, are stable for a wide range of sorghum population densities. Field Crops Research

77: 137-151.

- Lindquist, J.L., Arkebauer, T.J., Walters, D.T., Cassman, K.G., and Dobermann, A. 2005. Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal* 97: 72-78.
- Maleki Farahani, S., and Abdollahi, M. 2014. Effect of deficit irrigation on yield and yield components of two different species of balangu (*Lallemantia royleana* and *iberica* L.) from Mashhad and Urmia. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12(3): 502-515. (In Persian with English Summary)
- Moravčević, D.J., Bjelić, V., Moravčević, M., Gvozdanović Varga, J., Beatović, D., and Jelačić, S. 2011. Effect of plant density on the bulb quality and spring garlic yield (*Allium sativum* L.). *Proceedings*. In: 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture. Opatija, Croatia p. 554-557.
- Pattangul, W., and Madore, M.A. 1999. Water deficit on raffinose family oligosaccharide metabolism in *Coleus*. *Plant Physiology* 121: 987-993.
- Samvati, H.A. 2014. Effects of drought stress on some physiological indices in three varieties of onion (*Allium cepa* L.). First National Conference on Sustainable Agricultural Development with the Use of Crop Pattern. February 13, 2014, Hamedan, Iran. (In Persian)
- Saravia, D., Farfan-vignolo, E.R., Gutierrez, R., De Mendiburu, F., Schafleitner, R., Bonierbale, M., and Khan, M.A. 2016. Yield and physiological response of potatoes indicate different strategies to cope with drought stress and nitrogen fertilization. *The American Journal of Potato Research* 93: 288-295.
- Sharif Rouhani, M., Kafi, M., Nezami, A., Jahedipour, F., Jahedipour, S., and Farajian, M.A. 2012. Irrigation regimes and depth of planting on yield of medicinal and industrial plant, shallots (*Allium altissimum* Regel.) in Mashhad weather conditions. In: National Conference on Natural Products and Medicinal Plants, Bojnourd, North Khorasan University of Medical Sciences, September 27- 26. (In Persian)
- Tedeschi, A., Riccardi, M., and Menenti, M. 2011. Melon crops (*Cucumis melo* L., cv. Tendral) grown in a Mediterranean environment under saline-sodic conditions: Part II. Growth analysis. *Agricultural Water Management* 98: 1339-1348.



Effect of Drought Stress on Growth and Morphological Characteristics of Two Garlic (*Allium sativum* L.) Ecotypes in Different Planting Densities

S. Akbari¹, M. Kafi^{2*} and S. Rezvan Beidokhti³

Submitted: 04-01-2017

Accepted: 09-05-2017

Akbari, S., Kafi, M., and Rezvan Beidokhti, S. 2017. Effect of drought stress on growth and morphological characteristics of two garlic (*Allium sativum* L.) ecotypes in different planting densities. Journal of Agroecology 9(2): 559-574.

Introduction

Plants may be exposed to various stresses and water deficit is the most important limiting factor of growth and yield in many parts of the world and Iran. Stress induced growth decrement can be because of cell development decrease due to decrement of turgor pressure and meiosis and photosynthesis decrease due to stomata closure. Determination of desired planting density is one of the success factors of plant growth and production. Garlic (*Allium sativum*) has been an important medicinal plant over centuries in human life. According to the importance of medicinal plants and studying the effects of drought stress on them, the goal of this research is to investigate the effect of drought stress and planting density on growth and morphological characteristics of two ecotypes of garlic and determining the preferable ecotype and density from the perspective of these traits.

Material and Methods

This experiment was performed in 2012 in a farm in south east of Semnan. It was conducted on a split-plot factorial arrangement based on randomized complete blocks design with three replications. Three levels of drought stress with 60, 80 and 100 percent of crop evapotranspiration (ET_c) were the main plot factors and factorial combination of three planting density (30, 40 and 50 plants.m⁻²) and two ecotypes of *Tabas* and *Toroud* were the levels of sub plot factors. To estimate water requirement of garlic, daily measured meteorology parameters of Semnan synoptic station were used and water requirement was calculated based on FAO-56 instructions. From mid-January, the sampling of leaf area, bulb and leaf fresh and dry weight was started with destructive method every other week and continued until middle of Jun. three plant were selected randomly from each plot in each turn. From middle of May, height and number of leaves were measured. Leaf area measurement was done by leaf area meter (Delta-T). To estimate growth indices, dry weight of aerial and underground organs and leaf area from measured samples of treatments were used.

Results and Discussion

The results showed that the highest value of maximum leaf area index (LAI), maximum total dry matter accumulation (TDM), maximum crop growth rate (CGR) and maximum of net assimilation rate (NAR) were observed at 100% ET_c with the value of 5.537, 387.53 g.m⁻², 10.47 g.m⁻²day⁻¹ and 4.92 g.m⁻²leaf.day⁻¹ respectively; and by applying the irrigation treatment of 80% ET_c these values decreased to 3.745, 262.60 g.m⁻², 6.31 g.m⁻²day⁻¹ and 3.71 g.m⁻²leaf.day⁻¹ respectively. Drought stress can decrease cell development and division and plant photosynthesis, and thus, it can decrease leaf area index and consequently decrease light absorption, photosynthetic area, dry matter and crop growth rate. Difference between ecotypes in terms of number of leaves, maximum total dry matter accumulation and maximum crop growth rate was significant. Maximum crop growth rate (CGR) in *Toroud* ecotype was higher than *Tabas* ecotype but number of leaves and maximum concentration of total dry matter (TDM) in *Tabas* ecotype were higher than corresponding values in *Toroud* ecotype. The

1, 2 and 3- Former MSc student of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azad Islamic university, Damghan branch; Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Azad Islamic university, Damghan branch, Iran, respectively.

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

DOI: 10.22067/jag.v9i2.62141

effect of planting density on maximum leaf area index (LAI), maximum total dry matter (TDM) and maximum net assimilation rate (NAR) was significant. The highest value of maximum leaf area index (5.017) and maximum total dry matter (358.57 g.m^{-2}) concentration were obtained from 50 plants. m^{-2} density. The highest value of maximum net assimilation rate (4.61) was obtained from 30 plants. m^{-2} density. It could be because of having leaves exposed to more light and less shading.

Conclusion

Applying drought stress at the irrigation treatment of 80% ETc decreased studied growth characteristics of garlic. Therefore, it is recommended that garlic should be avoided from facing drought stress and its water requirement must be met as much as possible. In general, under drought stress, two studied ecotypes did not have any preference related to the studied growth characteristics. Higher planting density, due to higher active photosynthetic area over unit area, increased the dry matter in unit area.

Keywords: Crop growth rate, Dry matter, Evapotranspiration, Leaf area index, Plant height

Contents

Effect of Bio-fertilizers in Combination with Different Rates of Chemical Fertilizers on the Growth Characters and Sepals Yield of Roselle (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.)	294
R. Mohammadpour Vashvaei, A. Ghanbari and B.A. Fakheri	
A Meta Analysis on Nitrogen Fertilizer Experiments on Cereal Crops in Iran	312
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, S. Bakhshaei and A. Davari	
Effect of Organic Fertilizers and Plant Density on Qualitative Characteristics of Balangu (<i>Lallenamntia royleana</i> Benth.)	324
A. Roohi Nogh, A. Koocheki, R. Ghorbani, P. Rezvani Moghaddam and S. Bakhshaei	
Effects of Different Corm Densities and Bed Types on Flower Yield Components of Saffron (<i>Crocus sativus</i> L.)	340
A. Mollafilabi, A. Koocheki, P. Rezvani Moghaddam and M. Nassiri Mahallati	
Distribution of Cheat Grass (<i>Bromus tectorum</i> L.) and Other Poaceae Weeds in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Farms in West and Northeast of Iran	358
E. Zeidali, R. Ghorbani, M. Parsa and G.A. Asadi	
Trend Analysis of Nitrogen Use and Productivity in Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Production Systems of Iran	377
M. Nassiri Mahallati and A. Koocheki	
Plant Materials as an Appropriate Replacement for Reducing Environmental Risk of Using Chemical Insecticides (Case Study: Colorado Potato Beetle (<i>Leptinotarsa decemlineata</i> (Say))	387
A. Taghizadeh Saroukolai, M. Janparvar and G. Nouri Ganbalani	
Greenhouse Gases Emission and Global Warming Potential as Affected by Chemicals Inputs for Main Cultivated Crops in Kerman Province: I- Cereal	404
R. Moradi and N. Pourghasemian	
Investigation the Vertical Distribution of Leaf Area and Dry Matter of Sweet Basil (<i>Ocimum basilicum</i> L.), Borage (<i>Borago officinalis</i> L.) and Cover Crops in Competition with Weeds	419
Z. Shirzadi Margavi, F. Zaefarian and M. Bagheri Shirvan	
Effect of Filter Cake on Physiological Traits and Ear Yield of Sweet Corn under Late Drought Stress Condition	431
A. Karmollachab, A. Siadat, H. Hamdi, H. Monjezi and A. Kochakzadeh	
Evaluation of Yield and Yield Components of Some Pinto bean (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Genotypes under Late Season Water Deficit Conditions	443
S. Soheili Movahed, M.A. Esmaili, F. Jabbari and A. Fooladi	
Comparing Different Soil Fertility Systems on Some Physiological Characteristics, Yield and Essential Oil of Sage (<i>Salvia officinalis</i> L.) under Different Irrigation Regimes	456
M. Govahi, A. Ghalavand, F. Nadjafi and A. Sorooshzadeh	
Environmental Impact Assessment of Olive (<i>Olea europaea</i> L.) Production using Life Cycle Assessment: A Case Study, Tarom County, Zanjan Province	472
E. Khodarezaie, H. Veisi, O. Noori, M. Taheri and K. Khosbakht	
Predicting Changes of Rainfed Barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) Farming Calendar using Downscaling LARS-WG and HadCM₃ Models in Lorestan Province in 2011-2030 period	489
M. Ahmadi, M. Fallahi KHoshji and O. Mafakheri	
Application of Spent Mushroom Compost and Mycorrhiza on Yield and Yield Components of Garlic (<i>Allium sativum</i> L.) in the Low Input Cropping System	503
P. Rezvanimoghadam, H.R. Ehyae and M.B. Amiri	
Yield and Yield Components of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) as Affected by Micronutrient Application and Vermicompost in Two Kerman and Bardsir Regions	518
A.R. Karimi, M.A. Behdani, S.V. Eslami and M.H. Fathi	
Simulating Durum Wheat (<i>Triticum turgidum</i> L.) Response to Root Zone Salinity based on Statistics and Macroscopic Models	533
V.R. Jalali and S. Asadi Kapourchal	
Effect of Dust Deposition on Yield and Yield Components of Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L.) under Rain	

Fed and Supplemental Irrigation Conditions in Kermanshah	543
H. Felegari, M.E. Ghobadi, M. Ghobadi, S. Jalali-Honarmand and M. Saeidi	
Evaluation of Seed and Forage Yield of Perennial Plants with Low Water Requirement in Abandoned Farming Lands	557
G.A. Gazanchian, M.T. Kashki, V. Mir Alavi and A. Eslami	
Effect of Drought Stress on Growth and Morphological Characteristics of Two Garlic (<i>Allium sativum</i> L.) Ecotypes in Different Planting Densities	573
S. Akbari, M. Kafi and S. Rezvan Beidokhti	